



TUGAS AKHIR - MO141326

**ANALISIS PENGARUH HAMMER PEENING TERHADAP
PENINGKATAN UMUR KELELAHAN PADA STRUKTUR PHE-
12 PLATFORM**

Rahmat Fitriansyah Ramadhan
NRP 4312100096

Dosen Pembimbing:
Nur Syahroni, S.T., M.T. Ph.D
Ir. Handayanu, M.Sc Ph.D

Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Tekonolgi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - MO141326

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF HAMMER PEENING ON
FATIGUE LIFE IMPROVEMENT AT PHE-12 PLATFORM**

Rahmat Fitriansyah Ramadhan

NRP 4312100096

Supervisors:

Nur Syahroni, S.T., M.T. Ph.D

Ir. Handayanu, M.Sc Ph.D

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH HAMMER PEENING PENINGKATAN UMUR KELELAHAN PADA STRUKTUR PHE-12 PLATFORM

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Rahmat Fitriansyah Ramadhan

NRP. 4312 100 096

Disetujui oleh:

1. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Ir. Handayani, M.Sc. (Pembimbing 2)

3. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Penguji 1)

4. Ir. Imam Rochani, M.Sc. (Penguji 2)


SURABAYA, JULI 2017

(halaman sengaja dikosongkan)

**ANALISIS PENGARUH *HAMMER PEENING* TERHADAP
PENINGKATAN UMUR KELELAHAN PADA STRUKTUR PHE-12
PLATFORM**

Nama Mahasiswa : Rahmat Fitriansyah Ramadhan
NRP : 4312100096
Jurusan : Teknik Kelautan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kelelahan adalah pelemahan pada material akibat beban acak atau berulang yang dapat mengakibatkan kegagalan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa kerusakan yang diterima struktur dan mengetahui umur struktur secara keseluruhan. PT Pertamina Hulu Energi West Madura berencana menambah fasilitas produksi di area selatan lepas pantai Madura di sekitar KE-5 CPP. Salah satunya adalah PHE-12 Platform. Tugas akhir ini melakukan analisis kelelahan pada struktur tersebut. Struktur tersebut direncanakan beroperasi dengan jangka waktu 20 tahun. Analisis ini dilakukan menggunakan software SACS V 5.7 dengan metode analisis global spektral. Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa pada 2 multiplanar *joint*, yaitu *joint* 701 (member 701-702 & member 622-701) dan *joint* 702 (member 701-702 & member 702-802) tidak memenuhi kriteria umur operasi yang telah ditentukan yaitu 100 tahun (umur operasi setelah dikali *safety factor*, 5). Masing-masing umur 2 *joint* tersebut adalah *joint* 701 (member 701-702) : 60,3 tahun, 701 (member 622-701) : 34,26 tahun dan *joint* 702 (member 701-702) : 79,2 tahun, 702 (member 702-802) : 56,83 tahun. Penambahan umur struktur bisa dilakukan untuk memenuhi kriteria umur operasi dengan *weld improvement* dengan menggunakan *burr grinding* (API WJ2 S-N Curve) dan *hammer peening* (API WJ3 S-N Curve). Umur operasi setelah aplikasi *burr grinding* adalah *joint* 701 (member 701-702) : 229,71 tahun, 701 (member 622-701) : 157,97 tahun , dan *joint* 702 (member 701-702) : 312,82 tahun, 702 (member 702-802) : 251,32 tahun. Umur operasi setelah aplikasi *hammer peening* adalah *joint* 701 (member 701-702) : 652,47 tahun, 701 (member 622-701) : 441,29 tahun , dan *joint* 702 (member 701-702) : 911,31 tahun, 702 (member 702-802) : 725,84 tahun.

Kata Kunci : Fixed platform, fatigue, weld improvement, burr grinding, hammer peening.

(halaman sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF HAMMER PEENING ON FATIGUE LIFE IMPROVEMENT AT PHE-12 PLATFORM STRUCTURES

Name : Rahmat Fitriansyah Ramadhan
REG. : 4312100096
Department : Teknik Kelautan FTK-ITS
Supervisors : Nur Syahroni, S.T., MT., Ph.D
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Fatigue is the weakening of the material caused by repeated or random loads. This analysis to find out how the damage can affect structure and fatigue life. PT Pertamina Hulu Energi West Madura plans to add production facilities at the Offshore Madura south area vicinity of the KE-5 CPP. PHE-12 is one of the wellhead platform to be added. This final project performs fatigue analysis at this structure. The structure is planned to operate with a life operation about 20 years. This analysis was performed using SACS V 5.7 software with global spectral analysis method. From the results, it is known that on the 2 multiplanar joints, which are joint 701 (member 701-702), 701 (member 622-701), and joint 702 (member 701-702), 702 (member 702-802) did not meet the criteria of design operating life, 100 years (operating life after multiplied safety factor, 5). Each joint operating life are joint 701 (member 701-702): 60.3 years, 701 (member 622-701): 34.26 years, and joint 702 (member 701-702): 79.2 years, 702 (member 702-802): 56.83 years. The weld improvement can improve fatigue life with API WJ2 (burr grinding) and WJ3 (hammer peening) S-N Curve. Design life operations after burr grinding application are joint 701 (member 701-702): 229.71 years, 701 (member 622-701): 157.97 years, and joint 702 (member 701-702): 312.82 years, 702 (Member 702-802): 251.32 years. Design life operations after hammer peening application are joint 701 (member 701-702): 652.47 years, 701 (member 622-701): 441.29 years, and joint 702 (member 701-702): 911,31 years, 702 (Member 702-802): 725,84 years.

Keywords : Fixed platform, fatigue, weld improvement, burr grinding, hammer peening.

(halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir “Analisis Pengaruh *Hammer Peening* terhadap Peningkatan Umur Kelelahan Struktur PHE-12 Platform” ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan masa Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran diharapkan oleh penulis.

Semoga hasil Tugas Akhir ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Rahmat Fitriansyah Ramadhan

(halaman sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan kali ini, Penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas akhir ini baik dukungan secara moril dan materi, diantaranya kepada :

1. Allah SWT atas semua keberkahan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis untuk mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Trisno Dadiek Woerianto dan Dwi Silvi Farida, atas saran, motivasi, dan doa yang diberikan kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Nur Syahroni S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan tenaga dan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Handayanu., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing II atas ilmu dan kesabarannya dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Prof. Ir. Mukhtasor , M.Eng., Ph.D., selaku dosen wali selama masa perkuliahan di ITS – Surabaya
6. Bapak/ibu dosen penguji selama proses sidang proposal sampai sidang akhir berlangsung.
7. Bapak dan Ibu Staf dari PT. Gunanusa Utama Fabricators, terutama kepada Bapak Syams Dipo Alam, atas ilmu, ide, dan saran sehingga penulis dapat menentukan tema Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman penulis yang mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Fajar, Bob, Yusuf, Sapri, Fiqhi, Andri, Galuh, Enggar, Anjar, Farel, Hafid, dan Yudha.
9. Keluarga Besar Varuna, Teknik Kelautan FTK-ITS Angkatan 2012 atas kebersamaan dan rasa kekeluargaan selama menyelesaikan masa studi S-1 di Teknik Kelautan ITS.
10. Bapak Aiptu Eliyanto, staf kepolisian Polsek Sukolilo, karena telah membantu mempermudah proses pengurusan surat kehilangan perihal lembar ekivalensi.

(halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN	5
1.4. MANFAAT	5
1.5. BATASAN MASALAH	5
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2. DASAR TEORI	9
2.2.1. MEKANISME KELELAHAN	9
2.2.2. WELD IMPROVEMENT	10
2.2.3. POTENSI KENAIKAN <i>FATIGUE STRENGTH</i>	11
2.2.4. METODE PENINGKATAN UMUR KELELAHAN	13
2.2.5. BURR GRINDING	14
2.2.6. TIG DRESSING	15
2.2.7. HAMMER PEENING	16
2.2.8. NEEDLE PEENING	18
2.2.9. DATA SEBARAN GELOMBANG	19
2.2.10. CENTER OF DAMAGE	19
2.2.11. FOUNDATION LINEARIZATION	20

2.2.12.	ANALISIS MODAL.....	20
2.2.13.	METODE ANALISIS FATIGUE.....	20
2.2.14.	RESPON GELOMBANG DAN FUNGSI TRANSFER	23
2.2.15.	PARAMETER SAMBUNGAN TUBULAR	23
2.2.16.	PARAMETER SAMBUNGAN MULTI-PLANAR	24
2.2.17.	DESAIN SAMBUNGAN LAS.....	25
2.2.18.	PEMBEBANAN STRESS CONCENTRATION FACTOR	26
2.2.19.	PARAMETER STRESS CONCENTRATION FACTOR	26
2.2.20.	STRESS CONCENTRATION FACTOR.....	29
2.2.21.	HOT SPOT STRESS	29
2.2.22.	KURVA S-N.....	30
2.2.22.	ANALISIS UMUR KELELAHAN	31
BAB III	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1.	METODE PENELITIAN	33
3.2.	PENJELASAN DIAGRAM ALIR PENELITIAN	34
3.2.1.	PERUMUSAN MASALAH.....	34
3.2.2.	STUDI LITERATUR DAN PENGUMPULAN DATA	34
3.2.3.	DATA PERSEBARAN GELOMBANG.....	34
3.2.4.	PERMODELAN STRUKTUR PHE-12 PLATFORM.....	34
3.2.5.	CENTER OF DAMAGE	35
3.2.6.	ANALISIS STATIS DENGAN PILE SOIL INTERACTION	35
3.2.7.	ANALISIS DINAMIS (EXTRACT MODE SHAPES)	35
3.2.8.	FUNGSI TRANSFER DAN RESPON GELOMBANG.....	35
3.2.9.	ANALISIS UMUR KELELAHAN	35
3.3.	DATA PENELITIAN.....	35
3.31	MODEL STRUKTUR.....	36
3.32	DATA MUKA AIR RATA-RATA.....	37
3.33	DATA GELOMBANG	37
3.34	DATA MATERIAL	37
3.35	DATA PERSEBARAN GELOMBANG	38
3.36	MARINE GROWTH.....	38
BAB IV	39
ANALISA DAN PEMBAHASAN	39

4.1	PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR	39
4.2	PERHITUNGAN <i>CENTER OF DAMAGE</i>	43
4.3	ANALISIS STATIS DENGAN <i>PILE SOIL INTERACTION</i>	44
4.4	ANALISIS DINAMIS (<i>EXTRACT MODE SHAPES</i>).....	45
4.5	<i>TRANSFER FUNCTION</i> DAN <i>WAVE RESPONSE</i>	46
4.6	ANALISIS UMUR KELELAHAN	48
BAB V.....		54
PENUTUP.....		54
5.1	KESIMPULAN	54
5.2	SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA		56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Lokasi PHE-12, PHE-24, dan CPP-2 Platfom.....	1
Gambar 1. 2. <i>Fatigue joint plot plan</i>	3
Gambar 1. 3. (a) dan (b), Kondisi asli sambungan las dengan perlakuan <i>hammer peening</i> pada PHE-12 Wellhead Platform.....	4
 Gambar 2. 1. Tipe sambungan las yang sesuai untuk metode peningkatan umur kelelahan.....	9
Gambar 2. 2. Hubungan antara batas ketahanan (siklus) dengan <i>ultimate tensile strength</i> pada beberapa komponen.	11
Gambar 2. 3. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur kelelahan	12
Gambar 2. 4. Klasifikasi metode modifikasi geometri area las.....	13
Gambar 2. 5. Klasifikasi metode tegangan sisa.....	14
Gambar 2. 6. Gerinda Pneumatic dan Tipe Burr	14
Gambar 2. 7. Grafik S-N <i>curves</i> untuk tipe <i>burr grinding</i> pada struktur baja	15
Gambar 2. 8. Alat TIG dressing	15
Gambar 2. 9. Grafik S-N <i>curves</i> untuk tipe <i>hammer peening</i> pada struktur baja ..	16
Gambar 2. 10. Alat <i>Hammer Peening</i> dengan berbagai macam ujung palu. (a) ujung tipe <i>hemispherical</i> , (b) ujung tipe <i>elongated</i> , (c) ujung <i>worn & cracked</i> ...	17
Gambar 2. 11. Grafik S-N <i>curves</i> untuk tipe <i>hammer peening</i> pada struktur baja	17
Gambar 2. 12. Alat <i>needle peening</i>	18
Gambar 2. 13. Grafik S-N <i>curves</i> untuk tipe <i>needle peening</i> pada struktur baja ..	18
Gambar 2. 14. Klasifikasi pada tubular <i>joint</i>	24
Gambar 2. 15. Sambungan dengan jenis lasan <i>toe fillet weld</i>	26
Gambar 2. 16. Mode pembebanan pada sambungan tubular.....	26
Gambar 2. 17. Geometri sambungan uni-planar tipe T atau Y.....	27
Gambar 2. 18. Grafik API WJT S-N <i>curve</i>	31
 Gambar 3. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	33
Gambar 3. 2. Model PHE-12 Platform	36
 Gambar 4. 1. Permodelan struktur PHE-12 <i>topside</i>	39
Gambar 4. 2. Struktur <i>caisson monopod</i> PHE-12 Platform	40
Gambar 4. 3. Letak <i>center of gravity</i> hasil <i>modeling</i> pada SACS, (a) CoG pada <i>report</i> dan (b) CoG pada <i>modeling</i>	43
Gambar 4. 4. Pembagian 16 arah gelombang <i>fatigue</i>	46
Gambar 4. 5. Grafik respons struktur <i>overtuning moment</i> pada arah gelombang 14°	47
Gambar 4. 6. Grafik respons struktur <i>base shear</i> pada arah gelombang 14°	47
Gambar 4. 7. Grafik perbandingan umur kelelahan antara <i>no weld improvement</i> , <i>burr grinding</i> , dan <i>hammer peening</i>	50
Gambar 4. 8. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform <i>elevation-A</i>	51

Gambar 4. 9. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform <i>elevation-B</i>	52
Gambar 4. 10. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform <i>elevation-C</i>	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. <i>Safety factor</i> umur kelelahan	2
Tabel 3. 1. Spesifikasi PHE-12 Platform.....	36
Tabel 3. 2. Data muka air rata-rata blok West Madura	37
Tabel 3. 3. Data gelombang blok West Madura	37
Tabel 3. 4. Data material PHE-12 Platform.....	37
Tabel 3. 5. Data persebaran gelombang 100 Tahun	38
Tabel 3. 6. Data <i>marine growth</i>	38
Tabel 4. 1. Tabel data pembebanan pada PHE-12 Platform.....	41
Tabel 4. 2. <i>Contingency factor</i> dengan beberapa tipe pembebanan	42
Tabel 4. 3. Validasi berat struktur	42
Tabel 4. 4. Validasi <i>center of gravity</i>	42
Tabel 4. 5. Hasil perhitungan gelombang <i>center of famage</i>	44
Tabel 4. 6. Hasil pembebanan <i>base shear</i>	44
Tabel 4. 7. Periode natural struktur PHE-12 Platform	45
Tabel 4. 8. Hasil analisis <i>fatigue</i> pada PHE-12 Platform	48
Tabel 4. 9. Perbandingan hasil analisis <i>fatigue</i> dengan API S-N <i>curve</i> berbeda ..	50

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Permodelan Struktur Global SACS

LAMPIRAN B

Data SACS Input

LAMPIRAN C

SACS Output Listing

LAMPIRAN D

Transfer Function & Wave Response

LAMPIRAN E

Data Lingkungan

LAMPIRAN F

Prosedur Pengerjaan Analisis Fatigue di SACS V5.7

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

PT Pertamina Hulu Energi bertindak sebagai operator untuk blok West Madura ini sebelumnya mempunyai beberapa wellhead platform, 2 process platform (PPP dan KE-5 CPP) dan 1 Onshore Receiving Facility (ORF) di Gresik. Semua gas diproduksi dan dilakukan kompresi di KE-5 CPP dan PPP lalu dipindahkan ke ORF Gresik dan minyak mentah akan dipindahkan dan disimpan di FSO Abherka. PHE WMO sekarang ini mampu memproduksi lebih dari 20.000 BOPD dan 100 MMSCFD.

Saat ini PT Gunanusa Utama Fabricators mengerjakan proyek dari PHE WMO, yaitu pembuatan 2 wellhead platform (PHE-12 dan PHE-24) dan 1 central process platform (CPP-2). Ketiga platform tersebut akan diinstalasi di blok West Madura dan akan dihubungkan dengan platform yang sudah berdiri sebelumnya, yaitu KE-5 CPP platform. Denah dari fasilitas produksi PT Pertamina Hulu Energi di Blok West Madura terlihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1. Lokasi PHE-12, PHE-24, dan CPP-2 Platform

Desain dari PHE-12 *wellhead platform* ini akan digunakan untuk kondisi tanpa awak, desain struktur *caisson monopod*, dan fasilitas minimum, seperti *manifold, crane, venting system, closed open drain, testing system pigging facility*, dan fasilitas laju fluida.

Dengan penambahan ketiga platform ini diharapkan dapat menambah produksi minyak dan gas PHE WMO sekitar 15.000 BOPD dan 33 MMSCFD dengan setidaknya membutuhkan 10.000 BHPD untuk pengolahan. Ketiga Platform tersebut didesain untuk pengoperasian selama 20 tahun dengan *safety factor* umur kelelahan dari API RP2A seperti terlihat di Tabel 1.1.

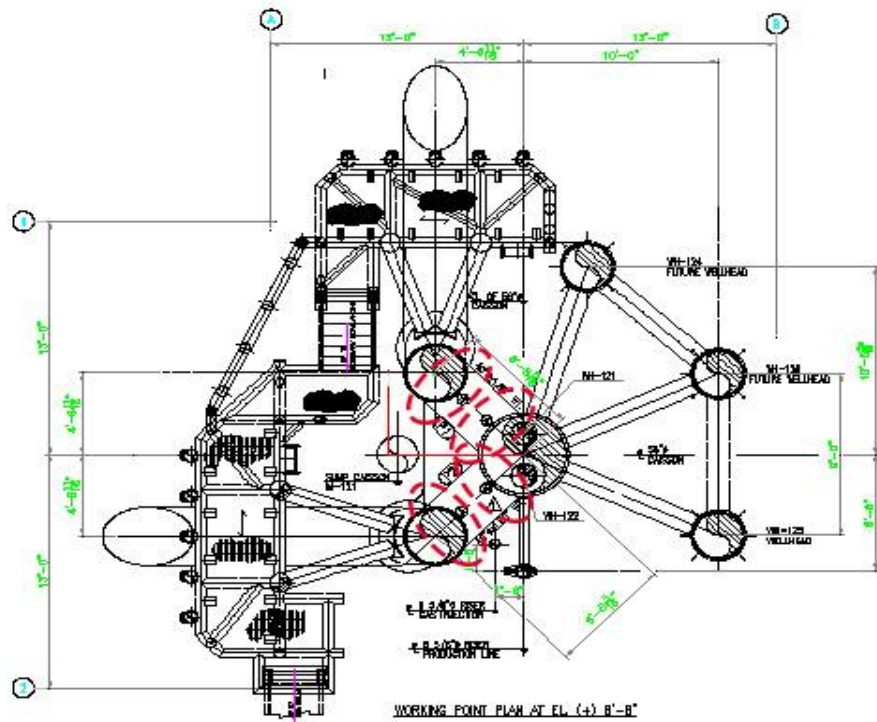
Tabel 1. 1. *Safety factor* umur kelelahan

Kegagalan Kritis	<i>Inspeksi</i>	<i>Non-Inspeksi</i>
Tidak	2	5
Ya	5	10

Penentuan *safety factor* diatas tergantung pada beberapa kondisi. *Joint* yang termasuk kegagalan kritis adalah *joint* antara *member* struktural. sedyang Maka kriteria umur kelelahan ketiga platform tersebut berkisar diantara 40-100 tahun untuk struktur yang dapat dilakukan inspeksi dan 100-200 tahun untuk struktur non-inspeksi (untuk sambungan struktur di daerah *splash zone* dan *mud-line*). Perhitungan umur kelelahan yang dilakukan menggunakan *software* SACS dan API WJ S-N *curve* untuk perhitungan siklus dan periode struktur.

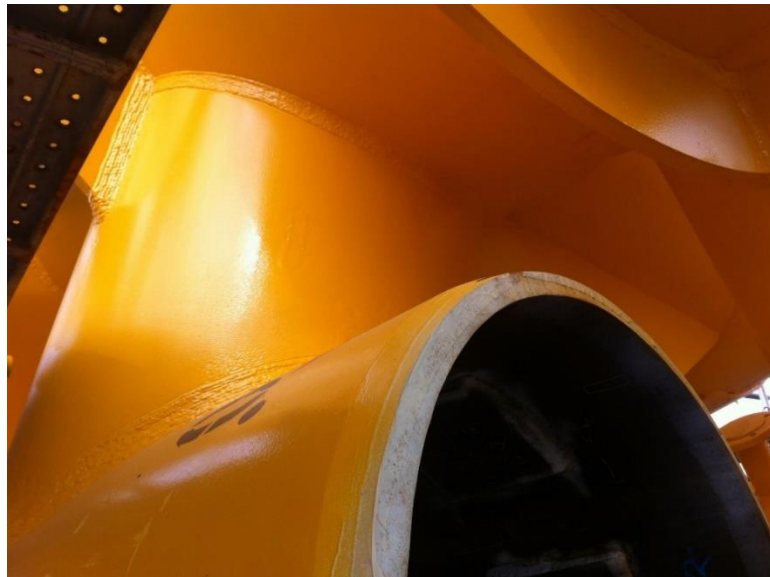
Struktur bangunan lepas pantai mengalami fluktuasi tegangan dalam jumlah yang banyak dapat mengalami retak. Fluktuasi tegangan terjadi akibat dari beban siklis, beban terulang dan terus menerus mengenai struktur. Beban siklis yang biasa mengenai struktur bangunan lepas pantai adalah angin dan gelombang.

Berawal dari retak awal terjadi perambatan retak dan akhirnya mengalami *final fracture*. *Fatigue* menyerang berbagai material dalam berbagai jenis struktur. Salah satu material yang rentan terkena *fatigue* adalah baja, dikarenakan karakteristik baja yang ringan tapi kuat jika dibandingkan dengan beton. Bagian jacket pada platform tersusun atas material baja berbentuk silinder (tubular) dengan bagian utama yang disebut *chord* dan cabangnya yaitu *brace*. Keduanya



Gambar 1. 2. *Fatigue joint plot plan*

Kondisi asli gambar keempat *joint* tersebut di lokasi fabrikasi PT. Gunanusa Utama Fabricators tertera pada Gambar 1.3.



(a)



(b)

Gambar 1. 3. (a) dan (b), Kondisi asli sambungan las dengan perlakuan *hammer peening* pada PHE-12 Wellhead Platform

Keempat sambungan pada struktur PHE-12 Jacket (lihat Gambar 2.2) menggunakan perlakuan salah satu teknik *weld improvement*, yaitu *hammer peening*. Fungsi *Hammer peening* ini adalah mengurangi tegangan sisa tarik dan menghasilkan tegangan sisa tekan. Tegangan sisa tekan dihasilkan dari perubahan plastis yang terjadi akibat tumbukan yang berulang pada area *weld toe*. Tegangan sisa tekan menjaga tingkat keuletan struktur tersebut sehingga dapat menambah umur kelelahan. Selain itu, Tegangan sisa tarik menjadi salah satu penyebab utama terjadinya keretakan pada struktur. Tegangan sisa sendiri muncul disebabkan sifat elastis material.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang di bahas pada penelitian tugas akhir ini adalah

1. Berapa umur kelelahan struktur PHE-12 platform dengan perhitungan analisis global dengan metode spektral ?
2. Berapa besar pengaruh hammer peening terhadap peningkatan umur kelelahan struktur PHE-12 platform ?

1.3. TUJUAN

Adapun tujuan yang dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah

1. Mengetahui umur kelelahan pada setiap sambungan struktur PHE-12 platform.
2. Mengetahui perbandingan umur kelelahan antara sambungan las biasa dengan sambungan las dengan perlakuan *burr grinding* dan *hammer peening*.

1.4. MANFAAT

Dalam penelitian ini diharapkan dengan perlakuan hammer peening maka akan didapatkan kenaikan umur kelelahan struktur pada PHE-12 Platform.

1.5. BATASAN MASALAH

Untuk memfokuskan ruang lingkup dari permasalahan yang telah dijabarkan di atas, maka permasalahan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Struktur yang dianalisis adalah PHE-12 Platform
2. Metode perhitungan menggunakan analisis global spectral
3. Teori gelombang pada *transfer function* menggunakan teori gelombang airy dan untuk spektrum energi gelombang pada gelombang kerusakan terpusat (*Center of Damage*) menggunakan JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*).
4. Desain umur operasi struktur PHE-12 platform adalah 20 tahun dengan safety factor yang ditentukan sesuai Tabel 1.1, daerah operasi berada di blok *West Madura*.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir,

manfaat yang diperoleh, serta ruang lingkup penelitian untuk membatasi analisis yang dilakukan dalam tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi referensi dan juga teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam menyelesaikan tugas akhir. Referensi tersebut bersumber pada jurnal lokal maupun internasional, literatur, rules/code dan juga buku yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang alur pengerjaan tugas akhir dengan tujuan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam bentuk diagram alir atau flow chart yang disusun secara sistematis yang dilengkapi pula dengan data data penelitian serta penjelasan detail untuk setiap langkah pengerjaannya.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang pengolahan data yang diperoleh, kemudian permodelan struktur menggunakan *software* SACS Version 5.7. Selanjutnya, dalam bab ini juga dilakukan pembahasan dan pengolahan output yang diperoleh dari *running software* secara bertahap, yaitu analisis *Superelement Pile Soil Interaction*, *Dinamis*, *Transfer Function*, dan *Fatigue*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang merupakan uraian singkat dari keseluruhan hasil analisis. Uraian singkat ini diharapkan bisa menjawab rumusan masalah yang ada pada Bab I. Pada bab ini juga berisikan saran yang bermanfaat guna keberlanjutan penelitian terkait kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam jurnalnya, Rao et al. (1994) menyatakan bahwa sambungan tubular di struktur lepas pantai menjadi bagian dominan. Bentuk tubular dipilih karena selain menambah *buoyancy* juga memiliki torsi yang baik dan kemungkinan permukaan are yang terkena korosi lebih sedikit. Bagian bagian tubular tersebut disambung menggunakan pengelasan yang disebut *tubular joint*. Pada bagian *joint* dikenai konsentrasi tegangan yang sangat tinggi akibat dari efek diskontinu beban. Tegangan maksimum terjadi pada *joint* baik di *chord* maupun *brace* tergantung dari tipe geometrinya.

Dominguez (1994) menjelaskan bahwa pada struktur lepas pantai pembebanan yang mengakibatkan fatigue berasal dari hempaan gelombang. Pada elemen tubular konsentrasi tegangan bergantung pada unsur unsur geometri dan dimensinya seperti keadaan *seastate* yang mengenai dan terjadinya resonansi.

Kegagalan fatigue pada struktur lepas pantai diakibatkan beberapa alasan berikut:

- Konsentrasi tegangan
- Cacat pada las lasan
- Kelalaian dalam NDT test
- Tidak diperhitungkanya gaya gelombang
- Jumlah *marine growth* yang terjadi
- Tidak berfungsinya proteksi korosi

Umur *fatigue* pada tubular joint didefinisikan jumlah siklus tegangan yang menyebabkan keretakan atau dalam lain kata ketika joint belum mencapai batas *fracture*-nya. Dan dalam menentukan *umur fatigue* terdapat dua metode. Metode yang pertama menggunakan *cumulative damage* dan yang kedua menggunakan mekanika kepecahan.

Menurut IIW (*International Institute of Welding*), area *weld toe* pada sambungan las adalah sumber inti dari kepatahan karena kelelahan yang disebabkan

meningkatnya konsentrasi tekanan pada area tersebut. Efek dari konsentrasi tekanan tersebut menyebabkan adanya cacat retak pada struktur. Inti dari perlakuan ini adalah :

1. Mengurangi konsentrasi stress

Dengan cara memperhalus alur las antara plat dengan permukaan las. Selain itu, dengan cara mengurangi ukuran cacat las pada *weld toe*. Terdapat dua metode yang diberikan yaitu gerinda dan pengulangan pelelehan menggunakan TIG *dressing*.

2. Mengurangi tegangan sisa tekan

Tegangan sisa tekan disebabkan karena adanya deformasi plastis pada area *weld toe*. Tegangan sisa ini menyebabkan perubahan elastisitas material. Terdapat dua metode yang diberikan yaitu *hammer peening* dan *needle peening*.

Banyak metode yang digunakan dalam peningkatan umur kelelahan struktur pada sambungan las, dan hasil yang didapat antara metode-metode berbeda. Tergantung pada beberapa faktor berikut :

1. Material

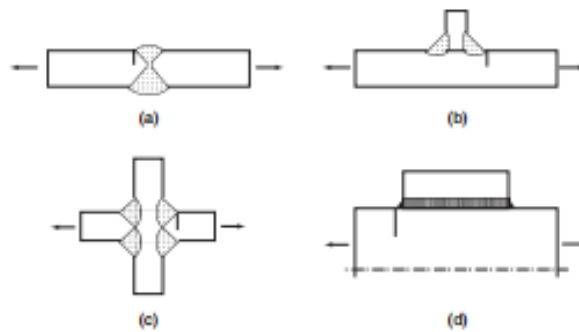
Penggunaan kurva *fatigue strength* (S-N) hanya terbatas pada struktur baja dan stainless steel dengan maksimum nilai tegangan ijin 900 MPa dikarenakan minimnya data percobaan untuk tipe *high strength steels*. Untuk logam aluminium yang diperbolehkan adalah seri aluminium 5000 dan 6000.

2. Pengaruh lingkungan dan pembebanan

Rekomendasi IIW untuk *burr grinding* dan TIG *dressing* hanya diaplikasikan pada kondisi dengan kisaran tegangan nominal sebesar $\Delta\sigma < 2 \times YS$, *YS* adalah nilai minimum tegangan ijin material. Sedangkan untuk teknik *peening*, menurut rekomendasi IIW tidak diperbolehkan diaplikasikan pada kondisi fatigue dengan siklus rendah. Meskipun juga dapat terjadi kegagalan awal dari area selain *weld toe*.

3. Tipe sambungan las

Metode peningkatan sambungan las ini masih terbatas pada area *weld toe*. Pada rekomendasi IIW dianggap bahwa potensial terjadinya kegagalan berasal dari area *weld toe*. Rekomendasi IIW untuk mengaplikasikan metode peningkatan adalah untuk sambungan planar atau sambungan antara benda berongga dengan tebal plat 6-50 mm untuk baja, 4-20 mm untuk aluminium, atau seperti yang telah ditentukan pada tiap metode peningkatan. Berikut tipe sambungan las yang sesuai terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Tipe sambungan las yang sesuai untuk metode peningkatan umur kelelahan.

2.2. DASAR TEORI

2.2.1. MEKANISME KELELAHAN

Fatigue atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) maupun tegangan *yield* material dan mengenai material secara terus-menerus.

Terdapat tiga fase terjadinya kelelahan pada material yaitu :

1. Permulaan retak

Mekanisme *fatigue* umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan akibat adanya pembebanan berulang.

2. Penyebaran retak

Crack initiation ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*.

3. Patah

Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

Fatigue atau kelelahan menurut didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan pada periode tertentu atau biasa disebut umur kelelahan

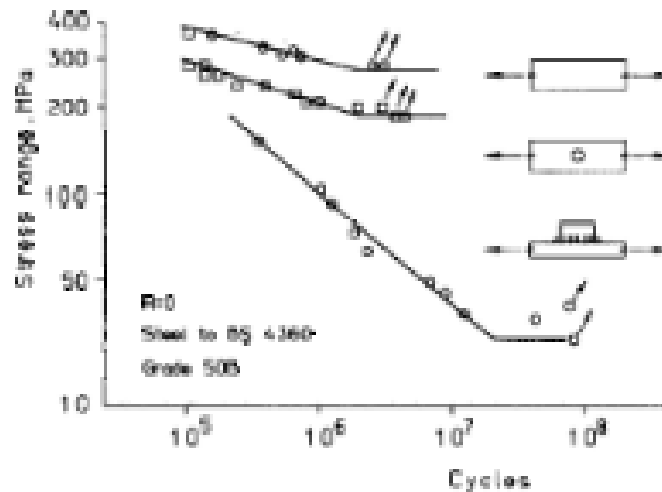
2.2.2. WELD IMPROVEMENT

Almar Naess (1985) menjelaskan bahwa bagian sambungan las pada struktur biasanya mempresentasikan kelemahan *brittle fracture* dan *fatigue strength*. *Fatigue strength* yang lemah dari sambungan las merupakan faktor batasan dalam mendesain struktur yang lebih efisien. Menaikkan performa kelelahan pada struktur dengan sambungan las dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

1. Perencanaan desain yang baik, contoh dengan mengganti sambungan dengan kelas rendah dengan yang memiliki *fatigue strength* yang lebih tinggi.
2. Meningkatkan *fatigue strength* pada sambungan dengan metode *weld improvement*.

Metode *weld improvement* biasanya merupakan tindakan perbaikan untuk memperoleh umur kelelahan pada area las dengan kegagalan yang terjadi terlalu dini dan telah diperbaiki, atau memperpanjang umur kelelahan pada sambungan melalui inspeksi pembebanan. Tujuan dari inspeksi tersebut untuk mengetahui tingkat pembebanan yang lebih atau tidak diasumsikan ketika fase desain struktur. Penerapan *weld improvement* pada struktur baru memiliki potensi untuk menaikkan *fatigue strength* yang dalam beberapa kondisi berhubungan langsung dengan *static*

strength. Contohnya, untuk penerapan *weld improvement* pada sambungan memiliki pola seperti Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Hubungan antara batas ketahanan (siklus) dengan *ultimate tensile strength* pada beberapa komponen.

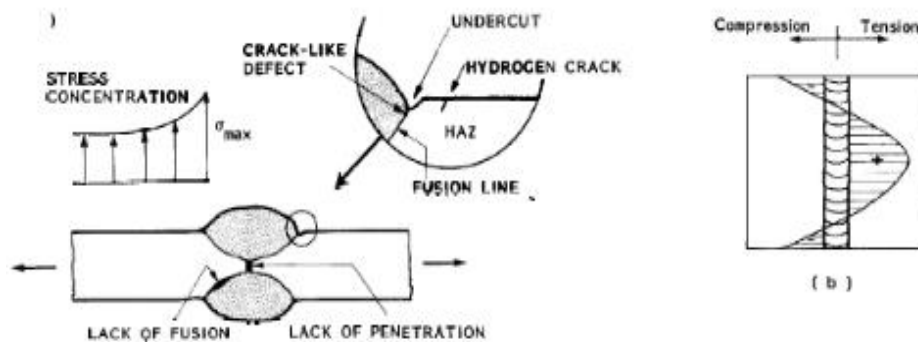
Penggunaan sambungan las dengan tingkat tegangan ijin yang lebih tinggi pada baja karbon tinggi berarti juga mendapatkan keuntungan seperti : efek ketebalan (*thickness effect*) pada *fatigue* berkurang, menyebabkan pengurangan pada berat material dibandingkan dengan baja tingkat rendah dengan *load bearing capacity* yang sama. Pengurangan ukuran bagian material secara umum juga meningkatkan *brittle fracture properties* pada sambungan. Semakin rendah biaya pengelasan, penanganan, dan pemasangan mampu mengurangi biaya pengeluaran fabrikasi tersebut.

Dalam survei, derajat peningkatan pada *fatigue strength* memungkinkan terjadi peningkatan dengan menggunakan beberapa teknik terapan *weld improvement*. Bagaimanapun, sudut pandang praktisnya tergantung pada beberapa hal seperti biaya dan keandalan dari penerapan tersebut mungkin penting.

2.2.3. POTENSI KENAIKAN *FATIGUE STRENGTH*

Menurut Almar Naess (1985) menjelaskan bahwa sangat penting untuk identifikasi faktor-faktor utama dalam pengurangan umur kelelahan untuk menentukan metode *weld improvement* yang paling efektif. Perbedaan utama antara sambungan las dengan yang tidak adalah sebagai berikut :

1. Bentuk *notch* dan cacat las. Geometri dari *notch* atau takik dari area *weld toe* biasanya merupakan area *fatigue* paling kritis. Apalagi sambungan las memiliki beberapa kecacatan yang beberapa diantaranya sangat tajam dan meningkat menjadi retak ketika struktur menerima beban dinamis. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi umur kelelahan pada sambungan las sesuai Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur kelelahan

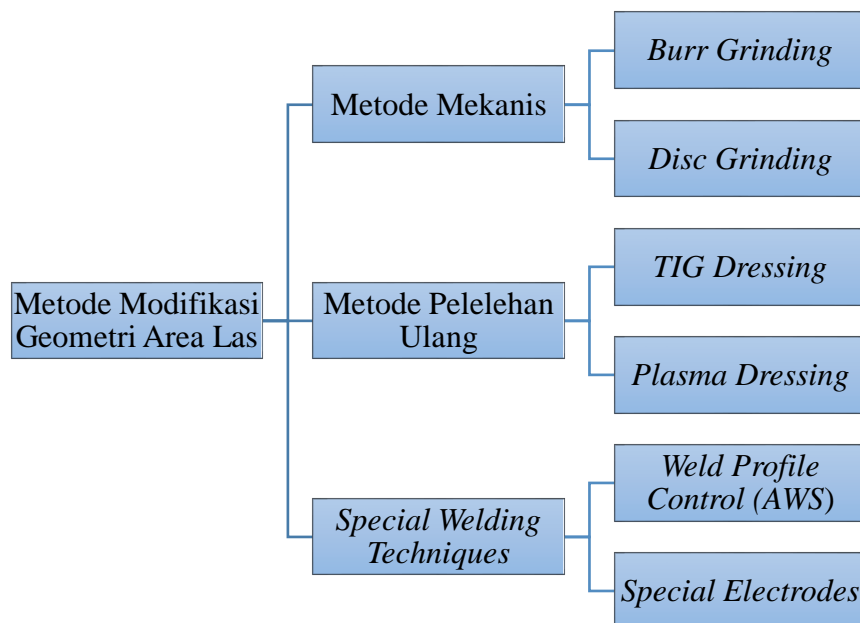
2. Perubahan metalurgi pada material dasar. Material pada *heat affected zone* (HAZ) dimana keretakan memungkinkan untuk memulai dan merambat mempengaruhi perubahan material yang berakibat perubahan pada *local fatigue properties*.
3. Tegangan sisa muncul pada area didekat pengelasan akibat dari kontraksi antara *base metal* yang terjadi dari penurunan suhu pengaruh dari suhu lingkungan. Tegangan sisa lokal akibat dari pengelasan meningkatkan *yield stress*, mempengaruhi sifat kelelahan tersebut. Tegangan sisa tarik mengurangi umur kelelahan ketika tegangan sisa tekan menaikkan umur kelelahan. Tegangan sisa meningkat tidak hanya akibat pengaruh suhu, tetapi bisa terjadi akibat penyambungan antara member yang tidak tersambung sempurna.
4. Efek lingkungan, seperti korosi mempengaruhi umur kelelahan. Namun, pencegahan bisa dilakukan dengan penambahan *cathodic protection* dan *coating*.

2.2.4. METODE PENINGKATAN UMUR KELELAHAN

Tiga faktor utama yang mempengaruhi umur kelelahan dari sambungan las teridentifikasi sebagai berikut : 1. Konsentrasi tegangan pada sambungan dan geometri las, 2. kecacatan, bentuk, dan distribusi, 3. Tegangan sisa. Pada dasarnya, metode peningkatan umur kelelahan dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

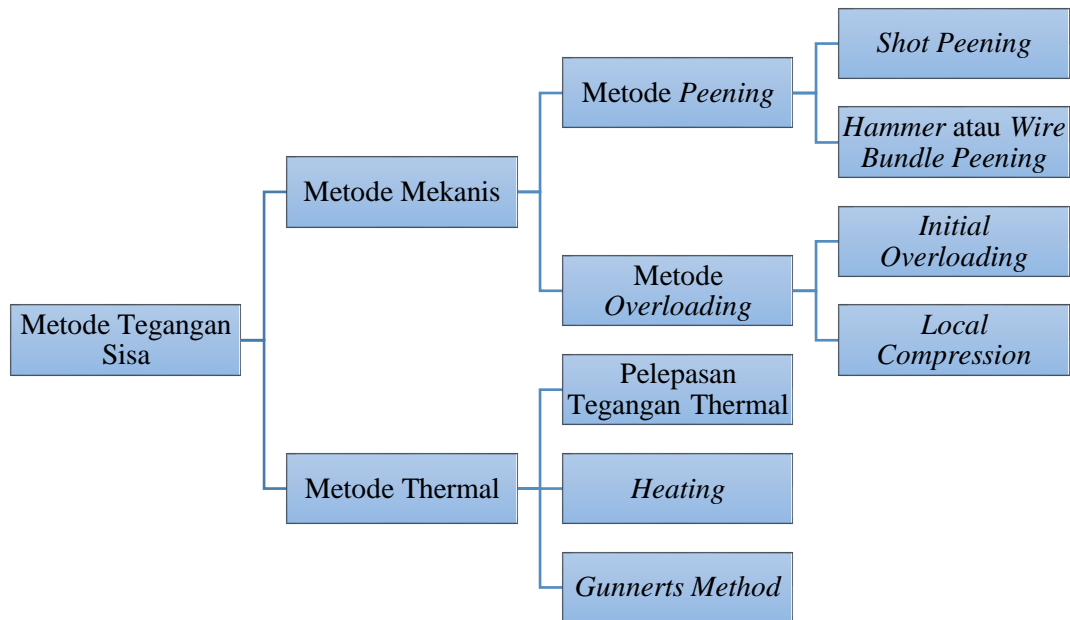
1. Modifikasi geometri las dan metode penghilangan kecacatan pada las
2. Metode tegangan sisa

Untuk memudahkan perbedaan terapan metode *weld improvement* diatas, berikut gambar klasifikasi dari metode *weld improvement*, modifikasi geometri las ditampilkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Klasifikasi metode modifikasi geometri area las

Sedangkan gambar klasifikasi dari metode *weld improvement*, metode tegangan sisa ditampilkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Klasifikasi metode tegangan sisa

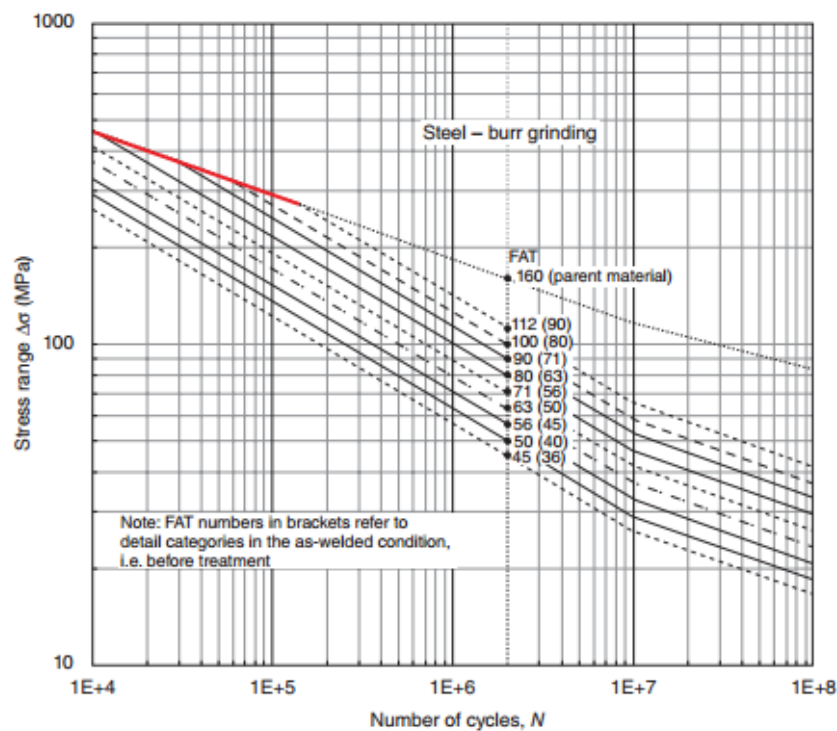
2.2.5. BURR GRINDING

Metode ini digunakan untuk mengurangi kecacatan pada *weld toe* yang dapat menyebabkan perambatan keretakan. Pada saat yang sama, metode ini dapat mengurangi efek konsentrasi tegangan lokal dari hasil pengelasan dengan menghaluskan bentuk transisi antara plat dengan permukaan las. Perlakuan ini menggunakan alat seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6. Gerinda Pneumatic dan Tipe Burr

Manfaat dalam menggunakan *burr grinding* untuk peningkatan umur kelelahan hanya dapat diakui di kelas FAT 90 atau dibawahnya seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Grafik S-N *curves* untuk tipe *burr grinding* pada struktur baja

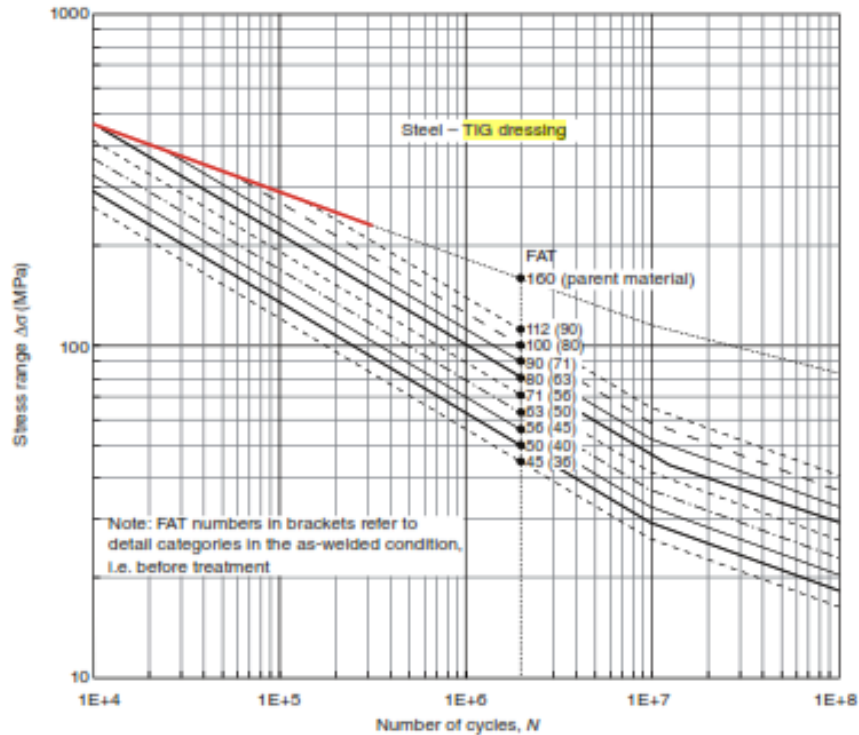
2.2.6. TIG DRESSING

Tujuan TIG dressing adalah untuk menghilangkan kecacatan pada weld toe dengan penambahan kembali material las di area *weld toe*. Metode ini juga dapat mengurangi efek dari konsentrasi tegangan lokal pada *weld toe* dengan menghaluskan transisi antara plat dengan permukaan las. Metode ini hanya dapat diaplikasikan untuk sambungan dengan ketebalan plat utama paling kecil dengan ukuran 4 mm untuk aluminium dan 6 mm untuk baja. Penerapan perlakuan ini menggunakan alat seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. Alat TIG dressing

Manfaat dalam penggunaan TIG dressing hanya dapat diaplikasikan untuk tipe baja kelas FAT 90 atau dibawahnya. Lihat grafik S-N *curve* untuk TIG dressing pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. Grafik S-N *curves* untuk tipe *hammer peening* pada struktur baja

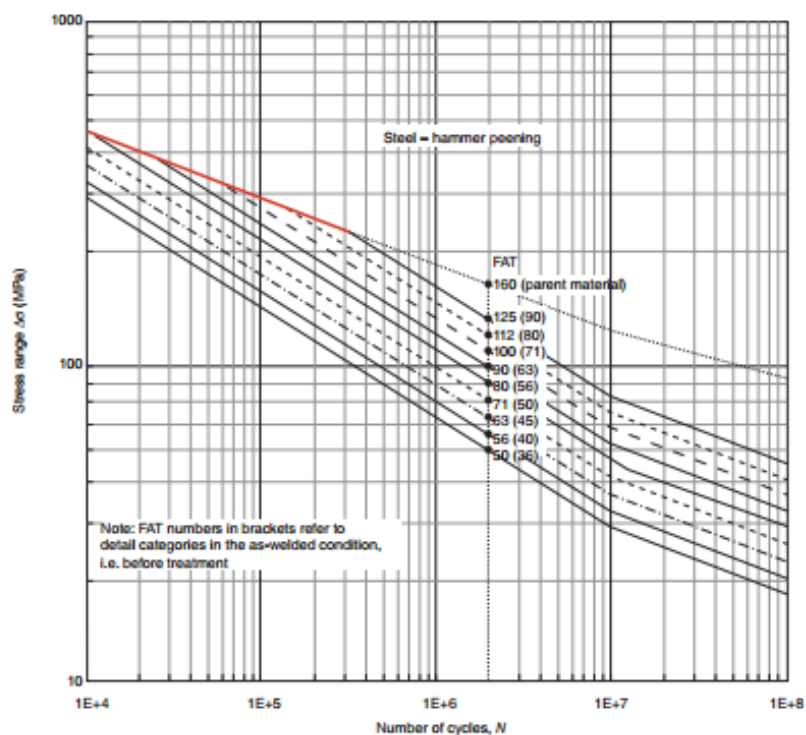
2.2.7. HAMMER PEENING

Pada metode ini, tegangan sisa tekan akan berkurang dengan diikuti deformasi plastis pada area *weld toe* akibat pukulan berulang. Spesifikasi untuk *hammer peening* in hanya dapat diaplikasikan pada plat dengan ketebalan 4 mm untuk baja dan 8 mm untuk aluminium. Hasil terbaik dari metode ini adalah dengan memberikan tegangan tarik pada wilayah yang akan dipukul. Sebaliknya, pengaplikasian metode ini mengurangi tegangan tekan yang bisa menyebabkan efektifitas metode ini menurun. Berikut merupakan alat yang digunakan dalam melakukan metode ini pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10. Alat *Hammer Peening* dengan berbagai macam ujung palu. (a) ujung tipe *hemispherical*, (b) ujung tipe *elongated*, (c) ujung *worn & cracked*

Manfaat untuk metode ini hanya dapat diterapkan pada baja dengan kelas FAT 90 kebawah, untuk grafik S-N *curve hammer peening* menggunakan grafik seperti terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11. Grafik S-N *curves* untuk tipe *hammer peening* pada struktur baja

Untuk kelas FAT 90 atau kebawah dengan tegangan ijin diatas 350 MPa, manfaatnya akan meningkat apabila kisaran tegangan yang diijinkan dikali faktor sebesar 1.5.

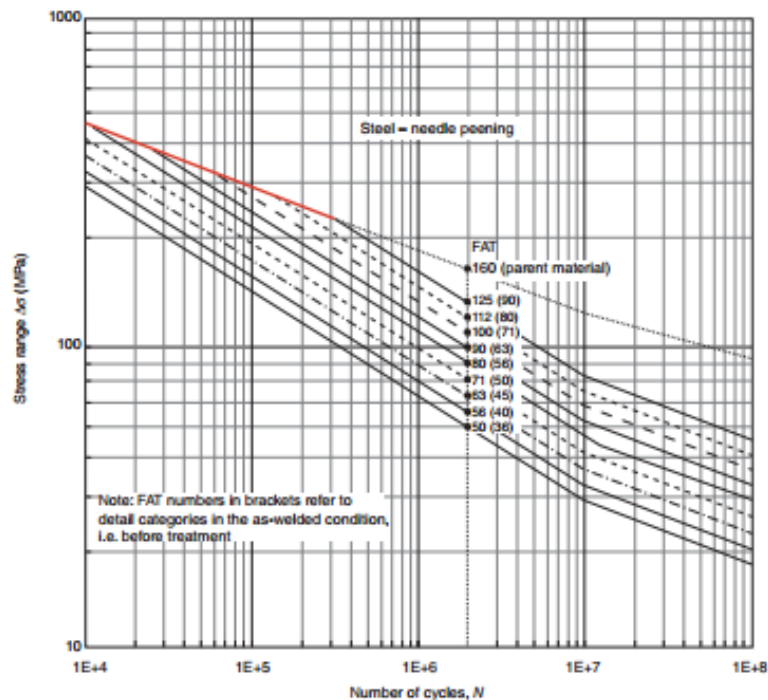
2.2.8. NEEDLE PEENING

Tegangan sisa tekan akan berkurang dengan diikuti deformasi plastis pada area *weld toe* akibat pukulan berulang dari metode ini. Metode ini lebih cocok diterapkan dengan area yang lebih luas yang dibutuhkan untuk perlakuan peningkatan umur kelelahan. Alat ini menggunakan alat seperti terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12. Alat *needle peening*

Lihat grafik S-N *curve* untuk *needle peening* seperti terlihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13. Grafik S-N *curves* untuk tipe *needle peening* pada struktur baja

2.2.9. DATA SEBARAN GELOMBANG

Data ini memuat paling tidak menurut kombinasi tinggi dan periode gelombang. pengelompokan akan lebih baik lagi jika dapat dikombinasikan dengan arah gelombang. Dalam jangka waktu yang ditentukan, contohnya 1 tahun, 10 tahun, ataupun 100 tahun terdapat beberapa sampel siklus gelombang. Contohnya, dalam satu tahun minimum terdapat 867.000 sampel gelombang. Untuk hasil yang lebih komprehensif menggunakan perangkat yang lebih mutakhir maka akan dimungkinkan untuk memisahkan sampel-sampel gelombang yang ditimbulkan oleh angin local, maupun gelombang-gelombang yang dipengaruhi oleh pergerakan alun dari tempat yang jauh.

2.2.10. CENTER OF DAMAGE

Centre of damage dari *sea state* dihitung menggunakan penurunan dari *linearized foundation springs* and *wave steepness*. Gelombang *centre of damage* mengestimasi penambahan beban signifikan ke kerusakan akibat kelelahan (*fatigue damage*), dengan estimasi dengan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2 :

$$H_s = \frac{\sum_{i=1}^n D_i H_{si}}{\sum_{i=1}^n D_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$T_z = \frac{\sum_{i=1}^n D_i T_{zi}}{\sum_{i=1}^n D_i} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

H_{si} = tinggi gelombang signifikan *sea-state* i

T_{zi} = periode *mean zero-crossing sea-state* i

D_i = nilai indikasi kerusakan *sea-state* I, yang dapat diestimasi sebagai berikut :

$$D_i = \frac{P_i \times H_{si}^m}{T_{zi}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana,

m = nilai *inverse slope* = 3.00 (API WJ S-N Curve)

P_i = nilai probabilitas kejadian *sea-state i*

H_{\max} = 1.86 H_s

T_{ass} = $T_{zi} / 0.81$

2.2.11. FOUNDATION LINEARIZATION

Nilai *Pile-Soil Interaction* (PSI) untuk digunakan dalam kondisi kelelahan digunakan untuk memperhitungkan nilai rata-rata kekakuan dari sistem pondasi struktur. Linearisasi kekakuan pondasi menggunakan *boundary condition* untuk melakukan analisis dinamik. Gaya gelombang untuk linearisasi gelombang berasal dari gelombang *centre of damage*.

2.2.12. ANALISIS MODAL

Menggunakan model struktur dan hasil perhitungan *linearized foundation springs*, analisis *eigen-value* digunakan dalam perhitungan frekuensi natural struktur dan bentuk modal. Digunakan untuk menganalisis kondisi dinamik berdasarkan periode natural 40 pertama dari struktur menggunakan nilai *superelement* pondasi.

Dalam analisis dinamik menggunakan program SACS, beban dinamik dari struktur platform meliputi :

1. Beban *member element*
2. Beban dari non model struktur
3. Beban *marine growth*
4. Beban fluida yang terjebak
5. Beban tambahan

2.2.13. METODE ANALISIS FATIGUE

Kelelahan struktur diakibatkan pembebanan yang berulang-ulang oleh gelombang. Metode penentuan pengaruh gaya gelombang terhadap kelelahan pada sambungan struktur dapat dilakukan dengan cara

1. Analisa deterministik (*deterministic analysis*) atau dengan
2. Analisa spektrum (*spectral analysis*).

Perhitungan kelelahan struktur dimulai dengan pengumpulan data metocean yang akurat, pengolahan dengan teori gelombang dan pembebanan disertai asumsi yang benar, dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan umur struktur.

1. Metode Analisis Deterministik

Metode analisis deterministik memperhitungkan jumlah kejadian gelombang dalam range tinggi gelombang tertentu, kemudian menghitung beban gelombang yang ditimbulkan untuk setiap range. Dari beban gelombang dan tegangan yang ditimbulkannya (SCF), dihitung kumulatif kerusakan akibat kelelahan struktur (*fatigue*). Metode ini digunakan untuk periode natural struktur kurang dari 3 detik.

Perhitungan kelelahan sambungan struktur didasarkan pada hukum kegagalan kumulatif Palmgren-Miner, yang dinyatakan dalam Persamaan 2.4 :

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots + \frac{n_m}{N_m} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

n_i = jumlah siklus rentang tegangan dengan harga S_i yang sebenarnya terjadi pada sambungan akibat beban eksternal (gelombang).

N_i = jumlah siklus rentang tegangan dengan harga S_i yang menyebabkan kegagalan sambungan yang ditinjau. Harga besaran ini dapat diperoleh dari kurva S-N untuk jenis sambungan yang sesuai.

S_i = rentang tegangan; 2 (dua) kali amplitudo tegangan yang terjadi pada sambungan.

Sesuai dengan hukum Palmgren-Miner, kegagalan sambungan akan terjadi jika indeks kerusakan D mencapai harga 1.0. Secara ringkas prosedur

penyelesaian perhitungan kelelahan struktur dapat dilakukan sebagai berikut :

- Peroleh data distribusi gelombang.
- Hitung beban gelombang pada setiap sambungan yang ditinjau sebagai fungsi H_i (m), T_i (detik).
- Hitung rentang tegangan nominal $S_i(\text{nom})$ (N/mm²) untuk tiap-tiap sambungan (melalui stress analysis, FEM).
- Hitung SCF yang sesuai untuk jenis sambungan yang ditinjau.
- Hitung rentang tegangan maksimal S_i (N/mm²) pada hot spot.
- Pilih diagram S-N untuk jenis sambungan yang sesuai dan hitung harga-harga N_i sebagai fungsi S_i (N/mm²), dapat dibaca dari grafik atau diselesaikan dari pers $N S^m = A$
- Hitung tiap-tiap $P_i/(N_i T_i)$ dan masukkan ke Persamaan 2.5:

$$D = \frac{P_1 T_1}{N_1 T_1} + \frac{P_2 T_2}{N_2 T_2} + \frac{P_3 T_3}{N_3 T_3} + \dots + \frac{P_m T_m}{N_m T_m} = 1 \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

untuk memperoleh umur kelelahan sambungan yang ditinjau T (hasil akhir dalam tahun)

2. Metoda Analisis Spektral

Sedangkan untuk metoda analisa spektrum, kita “mendekati” gelombang dengan spektrum teoretis tertentu yang dianggap sesuai dengan karakteristik gelombang di lokasi tersebut. Dari Spektrum Teoretis tersebut bisa didapatkan Spektrum Range tegangan, yang diikuti Stress-Distribution dan Damage-Distribution. Prosedur analisis kelelahan dengan metoda analisa spektra dapat dilakukan sebagai berikut :

- Melakukan analisis beban gelombang reguler untuk menghasilkan RAO respon struktur (bending moment dan shear stress) pada tiap arah gelombang.

- Mentransformasikan RAO respon struktur menjadi RAO tegangan (*stress analysis*)
- Menentukan mode operasi bangunan laut, dengan mempertimbangkan sebaran data gelombang, peluang kejadian arah gelombang, kombinasi H & T gelombang, variasi spektra gelombang, kecepatan (untuk kapal yang melaju)
- Menghitung spektra respon tegangan sesuai dengan mode operasi
- Menentukan jumlah siklus tegangan dan sebaran siklus tegangan dalam kurun waktu pendek sesuai dengan distribusi Rayleigh untuk tiap-tiap mode operasi.
- Menghitung sebaran siklus tegangan dalam kurun waktu panjang (penjumlahan siklus tegangan kurun waktu pendek) dengan mempertimbangkan umur operasi, peluang kejadian
- Mengkorelasikan hasil analisis dan perhitungan sebaran siklus tegangan kurun waktu panjang dengan data kelelahan kurva S-N memakai hukum Palmgren-Miner untuk menentukan umur kelelahan sambungan struktur yang ditinjau

2.2.14. RESPON GELOMBANG DAN FUNGSI TRANSFER STATIS

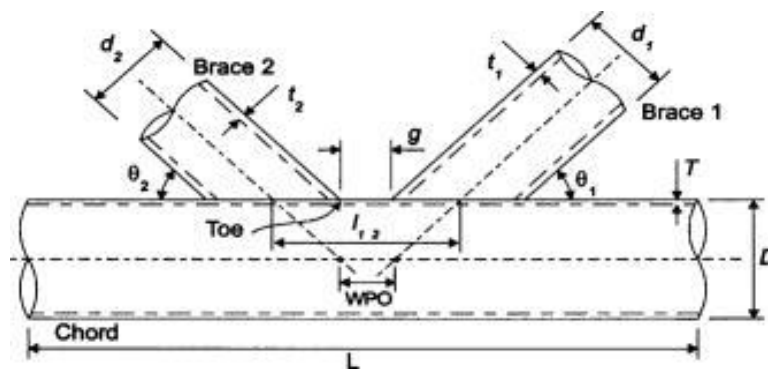
Fungsi transfer adalah ratio dari bentangan siklus tegangan dan tinggi gelombang dan dijadikan sebagai nilai fungsi frekuensi. Untuk memodelkan elevasi gelombang, partikel gelombang, dan percepatan menggunakan teori gelombang linear airy. Elevasi permukaan air dari gelombang acak dapat dihitung menggunakan superposisi linear dari gelombang. dalam analisis spektral untuk perhitungan kelelahan, analisis gelombang digunakan untuk menghitung respon dinamik struktur dengan kondisi sesuai fungsi transfer.

2.2.15. PARAMETER SAMBUNGAN TUBULAR

Sambungan tubular dengan bagian utama disebut *chord* dan bagian cabang disebut *brace*, keduanya dihubungkan dengan sambungan yang dikenal dengan tubular *joint*. Pemakaian tubular *joint* dalam struktur tidak akan terlepas dari pengaruh cacat ataupun kerusakan-kerusakan yang terjadi terutama karena beban-beban yang mengenai struktur secara terus menerus baik beban statis maupun

dinamis serta adanya daerah diskontinuitas (sambungan tubular) yang mengakibatkan adanya konsentrasi tegangan.

Dalam API RP 2A sambungan tubular dapat diklasifikasikan menjadi K, T & Y dan *cross joint*. Untuk *K-joint punching load* pada *brace* perlu diseimbangkan dengan beban yang pada bracing yang lain pada bidang yang sama, sisi yang sama dan *joint* yang sama. Pada T & Y *joint punching load* dilawan dengan geser batang pada *chord*. Pada *cross joint Punching load* disalurkan oleh *chord* kebrace yang lain pada sisi yang berlawanan (API RP 2A-WSD). Untuk contoh kalsifikasi *joint* dapat dilihat pada Gambar 2.14 .



Gambar 2. 14. Klasifikasi pada tubular *joint*

Parameter - parameter dalam tubular *joint* :

$$\alpha = 2L/D \quad \tau = t/T \quad \beta = d/D \quad \zeta = g/D \quad \gamma = D/2T$$

θ = sudut antara *brace* dengan *chord*

L = panjang *chord*

D = diameter *chord*

T = tebal dinding *chord*

d = diameter *brace*

t = tebal dinding *brace*

2.2.16. PARAMETER SAMBUNGAN MULTI-PLANAR

Multi-planar joint adalah tubular *joint* yang memiliki lebih dari satu bidang, dan letak-letak *braceny*a di bidang yang berbeda. *Multi-planar joint* berperan penting dalam analisis *stress* pada tubular *joint* spasial pada *platform* lepas pantai. *Stress* maksimum pada *multi-planar joint* mungkin bisa lebih besar atau lebih kecil daripada *uniplanar joint*. Oleh karena itu rumus *parametrik stress uniplanar* tubular *joint* tidak dapat langsung digunakan untuk *multi-planar joint*. Perbedaan parameter geometri dan mode pembebanan yang berbeda sangat penting dalam analisis *stres*

untuk desain kelelahan *multi-planar* tubular *joint*. Beberapa parameter geometri yang digunakan untuk analisis *stress* pada *multi-planar* tubular *joint*

1. Parameter Beta (β)

Parameter Beta adalah rasio antara radius atau diameter dari *brace* dan *chord* ($\beta = d/D$). Pengaruh parameter ini serupa dengan perbedaan antara beban terkonsentrasi di tengah bentangan dan beban terdistribusi dalam desain balok, sehingga merupakan parameter yang sangat penting yang berhubungan dengan ovalisasi dari *chord*. Parameter ini mempengaruhi juga terhadap distribusi tegangan.

2. Parameter Tau (τ)

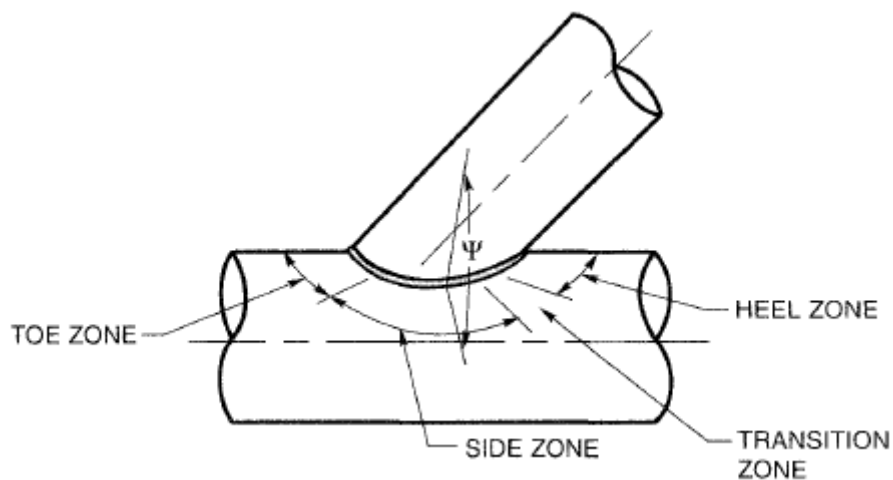
Parameter Tau adalah ketebalan dari *brace* dibagi dengan ketebalan dari *chord* ($\tau = t/T$). Parameter ini dianggap penting dalam memahami efisiensi dari sambungan tubular, sehingga parameter ini digunakan dalam definisi *punching shear*. Bertambahnya besar tau berbanding lurus dengan harga SCF. Parameter ini juga mempengaruhi keakakuan bending relatif dari *chord* dan *brace*, namun yang utama adalah berpengaruh atas tegangan bending dalam *brace* pada daerah sambungan.

3. Parameter Gamma (γ)

Parameter Gamma adalah rasio antara radius atau diameter terhadap dua kali ketebalan *chord* ($\gamma = D/2T$). Besar gamma yang besar menunjukkan *chord* yang lebih fleksibel dan lunak. Gamma muncul dalam persamaan kompatibilitas untuk *shell* silindris. Besar SCF akan bertambah seiring dengan bertambahnya besar gamma.

2.2.17. DESAIN SAMBUNGAN LAS

Perpotongan antara dua hingga lebih dari tubular *joint* membentuk suatu sambungan, dimana konsentrasi tegangan terjadi didekat/berada disambungan tersebut. Sambungan tersebut disambung dengan teknik pengelasan. Biasanya antar tubular *joint* disambung dengan jenis sambungan *fillet joint* dan jenis lasan toe *fillet weld*. Dimana toe *fillet weld* dapat menyambungkan dua tubular *joint* yang akan dilas. Berikut salah satu contoh gambar jenis las-an pada Gambar 2.15.

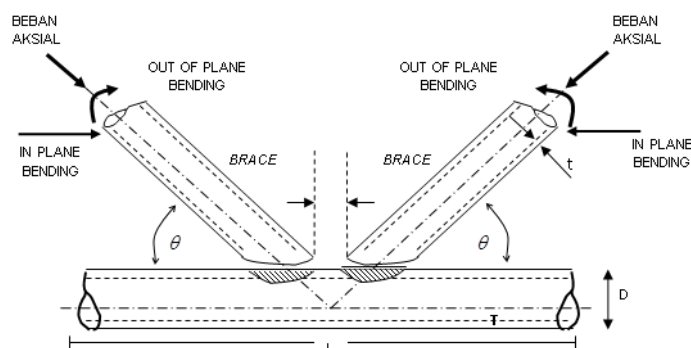


Gambar 2. 15. Sambungan dengan jenis lasan *toe fillet weld*

2.2.18. PEMBEBANAN DALAM STRESS CONCENTRATION FACTOR

Dalam penentuan besar SCF pembebanan sangat berpengaruh termasuk pembebanan dasar pada tubular *joints* (lihat Gambar 2.16) yaitu:

1. Beban aksial, beban yang bekerja pada sumbu o-x (searah dengan sumbu *brace*)
2. Beban *in-plane bending*, beban momen yang bekerja pada bidang x-z (searah sumbu *chord*)
3. Beban *out-of plane bending* beban momen yang bekerja pada bidang x-y (tegak lurus dengan sumbu *chord*)

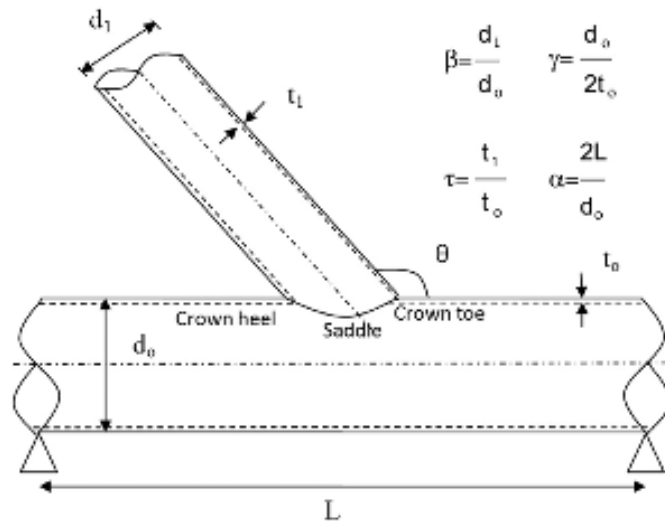


Gambar 2. 16. Mode pembebanan pada sambungan tubular

2.2.19. PARAMETER STRESS CONCENTRATION FACTOR

Metode hot-spot stress membutuhkan perhitungan akurat dari stress concentration factor. Toprac dan Beale (1967) menyajikan aturan persamaan

parametrik untuk menghitung SCF pada tubular sederhana menggunakan database pada sambungan baja tertentu. Selama 50 tahun ini, berbagai persamaan parametrik baru bermunculan untuk digunakan dalam menghitung hot-spot stress secara akurat. Pada sub-bab ini, untuk mempermudah membandingkan persamaan parametrik SCF, berikut ditampilkan geometri parameter-parameter dalam sambungan uni-planar pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17. Geometri sambungan uni-planar tipe T atau Y

Deskripsi penggunaan persamaan parametrik SCF ditampilkan sebagai berikut :

1. Persamaan Kuang

Kuang (1977) membuat persamaan parametrik untuk menghitung SCF pada sambungan tubular T/Y, K, dan KT berdasarkan analisis finite element. Sambungan dibagi menjadi beberapa region dan mesh refinement yang disiapkan menjadi 4 layer. Saini (2016) mengatakan metode ini sangat lemah dibandingkan dengan metode yang lainnya. Persamaan ini hanya menyatakan chord-side dan brace-side dan tidak menunjukkan secara rinci pada lokasi yang spesifik. Persamaan ini tidak dapat dilakukan apabila $\beta > 0.80$ dan pada sambungan tipe X. Nilai parameter sambungan untuk persamaan ini adalah sebagai berikut sebagai berikut :

- $0,3 \leq \beta \leq 0,8$
- $8,33 \leq \gamma \leq 33,3$

- $0,20 \leq \tau \leq 0,8$
- $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
- $6,667 \leq \alpha \leq 40$

2. Persamaan Wordsworth/Smedley

Wordsworth dan Smedley (1978) menghasilkan persamaan parametrik untuk sambungan tipe T/Y, X, K, dan KT menggunakan hasil tes sambungan tubular dengan model akrilik. Saini (2016) menjelaskan bahwa kelemahan dari persamaan ini adalah mengabaikan model sambungan las dan hanya diperuntukkan untuk sambungan sederhana. Persamaan ini cenderung memiliki kelemahan dalam perhitungan SCF apabila $\beta = 1,0$ dan angka γ yang tinggi. Nilai parameter sambungan untuk persamaan ini adalah sebagai berikut :

- $0,13 \leq \beta \leq 1,0$
- $12 \leq \gamma \leq 32$
- $0,25 \leq \tau \leq 1,0$
- $30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
- $8 \leq \alpha \leq 40$

3. Persamaan UEG (Underwater Engineering Group)

UEG (1985) menganjurkan persamaan parametrik berdasarkan persamaan Wordsworth dan Smedley. Hasil modifikasi ini mampu memprediksi SCF dengan konfigurasi sambungan ($\beta > 0,6; \gamma > 2,0$). Persamaan ini membandingkan hasil analisis dan hasil pengukuran statis seperti *fatigue test*.

4. Persamaan Hellier, Connolly, dan Dover

Hellier (1990) mengajukan persamaan SCF untuk sambungan T/Y dengan beberapa peningkatan pada hasil prediksi umur kelelahan pada sambungan tubular menggunakan mekanika kepatahan. Estimasi SCF menggunakan persamaan ini digunakan untuk sambungan dengan nilai $\beta < 0,8$.

5. Persamaan Lloyd's Register

Lloyd's Register (1997) menghasilkan persamaan SCF berdasarkan pengujian pada 69 sambungan akrilik dan baja. Persamaan ini hanya

meliputi SCF pada *crown* dan *saddle*. Parameter geometri yang diterapkan terutama untuk pengaplikasian di struktur lepas pantai termasuk $\tau \leq 1,05$; $\gamma \leq 40$; $SCFs \geq 1,5$; $\beta \leq 1,0$. Hasil perhitungan SCF pada beberapa kasus tidak dapat diandalkan. Namun, persamaan ini sangat cocok digunakan untuk estimasi umur kelelahan menggunakan S-N Curve.

6. Persamaan Morgan dan Lee

Morgan dan Lee (1998) membuat persamaan SCF dengan jangkauan yang luas untuk konfigurasi sambungan tipe K menurut axial, in-plane, dan out-plane bending. Persamaan dihasilkan berdasarkan analisis finite element dan mampu meliputi jangkauan penuh parameter geometri.

2.2.20. STRESS CONCENTRATION FACTOR

Perbandingan antara tegangan maksimum pada sambungan dengan tegangan nominal disebut *Stress Concentration Factor* (SCF). Nilai SCF inilah yang merupakan salah satu komponen penting dalam penghitungan fatigue damage. SCF diperlukan karena tegangan yang terjadi pada sambungan tubular tidak menyebar secara merata. Nilai SCF untuk sambungan dengan tipe *un-stiffened* dihitung menggunakan persamaan efthymiou.

Rumus Perhitungan SCF untuk *Pile Member* pada Persamaan 2.6 :

$$SCF = 1 - \frac{6(\delta t - \delta m)}{t} \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{t}\right)^\beta} e^{-\alpha} \dots\dots\dots (2.6)$$

Rumus Perhitungan SCF untuk *Sleeve Member* pada Persamaan 2.7 :

$$SCF = 1 + \frac{6(\delta t + \delta m - \delta 0)}{t} \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{t}\right)^\beta} e^{-\alpha} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.2.21. HOT SPOT STRESS

HSS adalah *stress* di wilayah penekanan paling tinggi dalam sebuah struktur dan diperkirakan mencirikan kelelahan pada struktur tubular *joint tersebut*. HSS umumnya terjadi pada suatu diskontinuitas, seperti daerah dibawah daerah

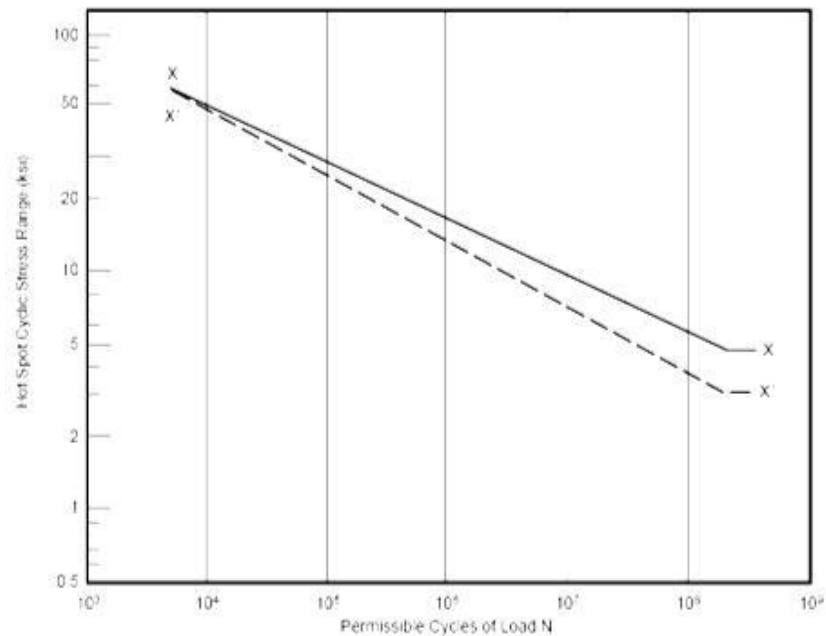
pengelasan (*weld*), di mana inisial kelelahan retak diharapkan mulai dari daerah ini. Saat ini ada dua definisi yang menginterpretasikan untuk HSS:

1. HSS Lokal: didefinisikan sebagai puncak mengelas stres di kaki,. Definisi ini menggabungkan efek stres nominal, geometrik stres dan stres lokal. Hal penting untuk dicatat bahwa HSS lokal adalah tergantung pada geometri *weld* lokal.
2. Geometris HSS: ini didefinisikan sebagai geometris puncak *stress* pada kaki *weld*.

2.2.22. KURVA S-N

Kurva S-N merupakan karakteristik *fatigue* yang digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama. Kurva ini didapatkan dari tes spesimen baja yang diberi beban berulang dengan jumlah N siklus hingga terjadi *failure*. Besarnya jumlah N berbanding terbalik dengan rentang tegangan S (selisih dari tegangan maksimum dikurangi tegangan minimum).

Kurva S-N tersebut merepresentasikan informasi karakteristik fatigue dengan amplitudo pembebanan konstan. Antara sambungan material dengan *weld improvement*, *Hammer Peening* atau tidak menggunakan *weld improvement* apapun, menggunakan kurva S-N yang berbeda. Hammer peening menggunakan kurva API WJ3 S-N dan yang tidak menggunakan metode *weld improvement* menggunakan kurva API WJT S-N. Berikut merupakan gambar API WJT S-N curves menurut API-RP2A untuk tubular *joint* ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18. Grafik API WJT S-N curve

2.2.22. ANALISIS UMUR KELELAHAN

Menghitung kerusakan akibat kelelahan menggunakan cumulative damage model dengan menggunakan aturan Palmgren-Miner dan API WJ S-N curve. *Cumulative damage* pada daerah hot spot tiap member menggunakan persamaan 2.8 :

$$CDR = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana,

n_i = jumlah kejadian gelombang berdasarkan arah dan tinggi gelombang

N_i = jumlah siklus menuju kegagalan pada API S-N curve.

Untuk umur kelelahan dapat diperhitungkan menggunakan persamaan 2.9 :

$$Umur\ Kelelahan = \frac{Design\ life}{CDR} \dots\dots\dots (2.9)$$

Perhitungan umur kelelahan tidak boleh kurang dari kriteria umur kelelahan berdasarkan umur operasi platform 20 tahun dikali *safety factor*.

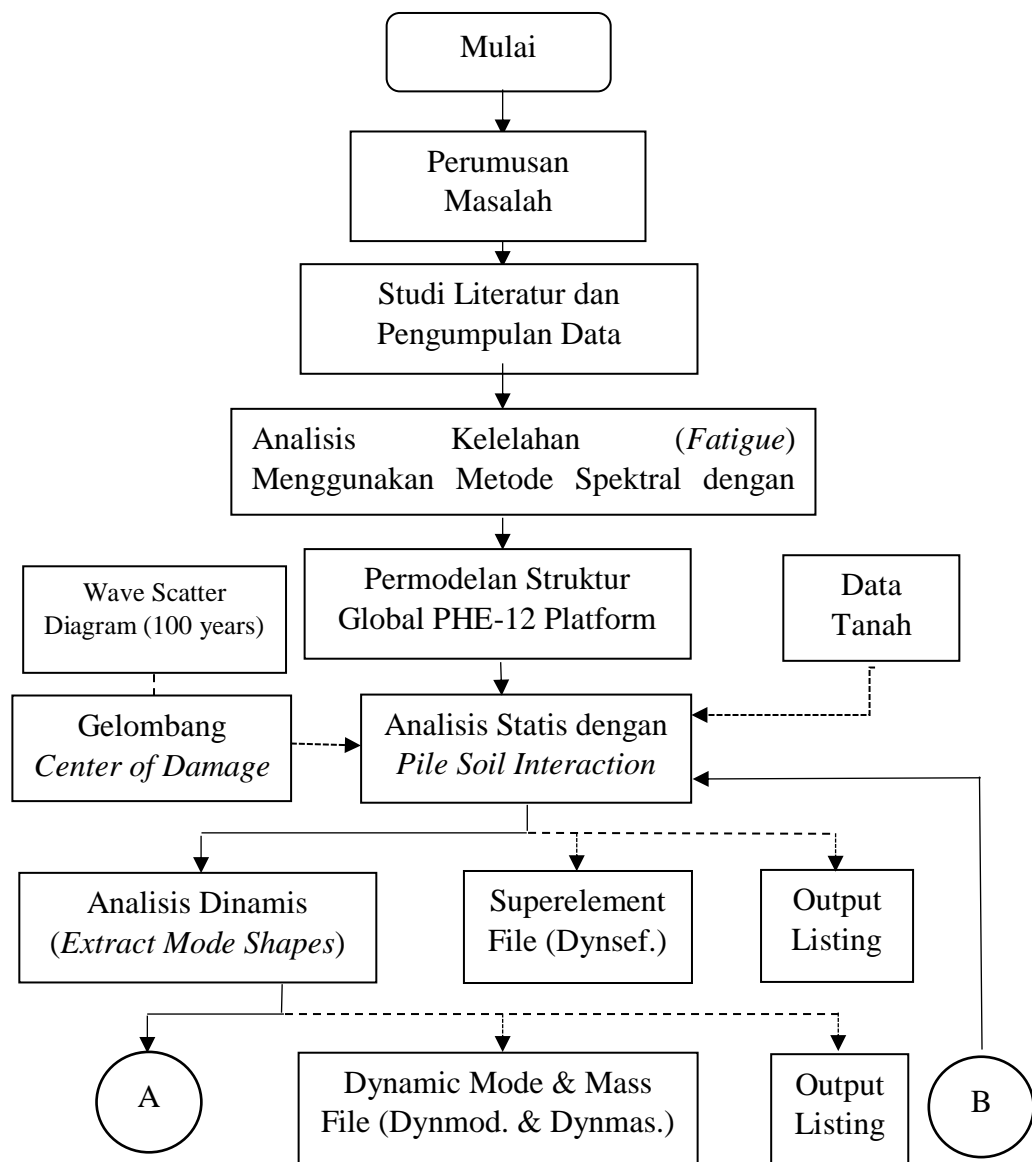
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

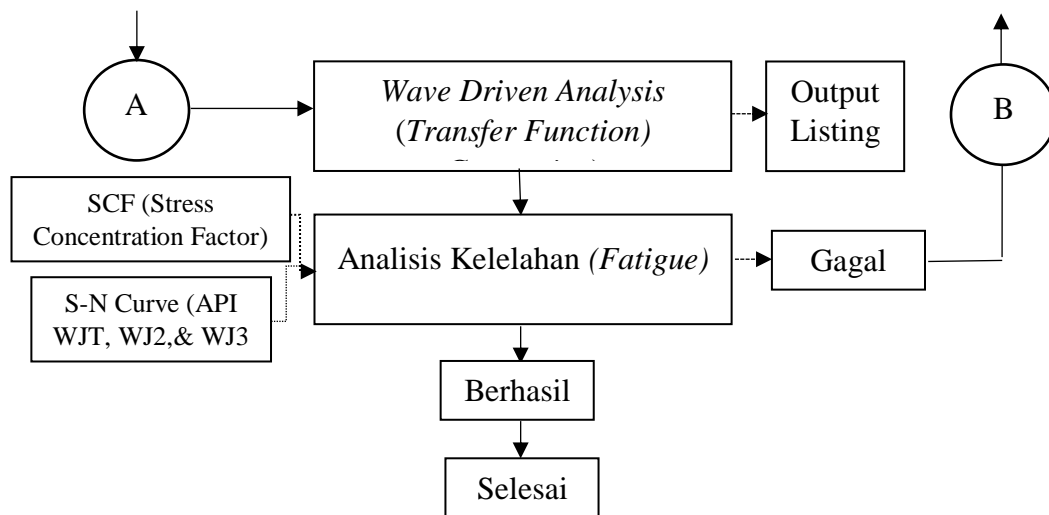
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. METODE PENELITIAN

Penjelasan mengenai pengerjaan tugas akhir dengan judul Analisis Pengaruh Hammer Peening terhadap Peningkatan Umur kelelahan pada Struktur PHE-12 Platform dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir



Gambar 3. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)

3.2. PENJELASAN DIAGRAM ALIR PENELITIAN

3.2.1. PERUMUSAN MASALAH

Dengan merujuk pada isu-isu terhangat dalam dunia *offshore* dapat merumuskan suatu masalah sebagai bahan penelitian dan diharapkan hasil dari penelitian dapat menyumbangkan informasi yang berguna.

3.2.2. STUDI LITERATUR DAN PENGUMPULAN DATA

Pada tahap ini berisi tentang kegiatan mencari, mengkaji, dan mengumpulkan materi serta informasi yang relevan dan terpercaya yang dapat menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data didapatkan dari PT. Gunanusa Utama Fabricators, yang bertanggung jawab dalam proyek fabrikasi PHE-WMO, salah satunya PHE-12 Platform. Laporan data proyek bernama PHEWMO-PHE12-C-SDY-0003.

3.2.3. DATA PERSEBARAN GELOMBANG

Keadaan laut atau *seastate* yang digunakan dalam analisis kelelahan ini berasal dari data distribusi gelombang dengan jangka waktu 100 tahun dari PT.BIRU dengan 16 arah gelombang.

3.2.4. PERMODELAN STRUKTUR GLOBAL PHE-12 PLATFORM

Memodelkan Struktur PHE-12 Platform sesuai desain proyek dari Autocad dan data struktur pada SACS V5.7.

3.2.5. CENTER OF DAMAGE

Perhitungan gelombang kerusakan terpusat ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi laut (*seastate*) dari data persebaran gelombang laut kondisi operasi selama 100 tahun. Acuan perhitungan berasal dari DNV RP-H-103 dan DNV C-205.

3.2.6. ANALISIS STATIS DENGAN PILE SOIL INTERACTION

Perhitungan superelement dilakukan pada tahap ini untuk menghitung interaksi pondasi dengan tipe tanah dan *center of damage* di lokasi struktur. Tahap ini mensimulasikan kekuatan pondasi struktur platform terhadap kondisi tanah pada lokasi pemasangan platform. Jumlah arah gelombang *center of damage* adalah 4 arah, 0°, 90°, 180°, dan 270°.

3.2.7. ANALISIS DINAMIS (EXTRACT MODE SHAPES)

Tahap ini mensimulasikan kekuatan pondasi struktur platform terhadap kondisi tanah pada lokasi pemasangan platform. Input data berupa data tanah dan data struktur PHE-12 Platform. Dari hasil perhitungan ini, menghasilkan file SACS Com. Sol. File dan Super Element Input yang nantinya akan digunakan dalam analisis dinamis dan respon gelombang.

3.2.8. FUNGSI TRANSFER DAN RESPON GELOMBANG

Langkah ini menghasilkan dan menggambarkan keadaan laut serta kondisi tanah di lokasi struktur dari periode, frekuensi, serta tinggi gelombang dari 16 arah gelombang.

3.2.9. ANALISIS UMUR KELELAHAN

Menghitung umur kelelahan dengan cara mengintegrasikan laju keretakan dengan kecepatan rambat retak yang sesuai. *Stress Concentration Factor* dan Pemilihan S-N Curve dilakukan saat analisis ini. Apabila langkah-langkah tersebut berhasil dilakukan akan mendapat umur kelelahan PHE-12 Platform antara *no weld improvement*, *burr grinding*, dan *hammer peening*.

3.3. DATA PENELITIAN

Berikut adalah data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini diambil dari laporan fatigue analysis PHE-12 Platform No dokumen: PHEWMO-PHE12-C-SDY-0003 milik PT. Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore. PHE-12

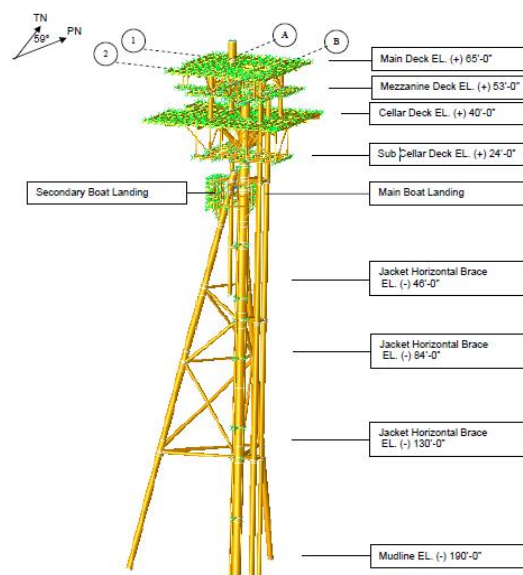
platform berjenis monopod dengan ditopang 2 struktur support. Spesifikasi dari PHE-12 platform ditampilkan pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1. Spesifikasi PHE-12 Platform

Tipe	Deskripsi
Nama Anjungan	PHE-12 Platform
Pemilik	PT. Pertamina Hulu Energi WMO
Jenis Struktur	Wellhead Platform
Lokasi	West Madura
Jumlah Dek	4
Jumlah kaki	1
Orientasi Arah Platform	59°
Boatlanding	2
Riser	2
Riser Guard	1
Conductor	3
Sump Caisson	1

3.31 MODEL STRUKTUR

Berikut ini merupakan gambar permodelan struktur PHE-12 Platform pada dokumen PHEWMO-PHE12-C-SDY-0003 seperti pada Gambar 3.2 :



Gambar 3. 2. Model PHE-12 Platform

3.32 DATA MUKA AIR RATA-RATA

Berikut ini merupakan data muka air rata-rata dari dokumen analisis *in-place* PHE-12 struktur *platform* seperti pada Tabel 3.2 :

Tabel 3. 2. Data muka air rata-rata blok West Madura

Description	Analysis Condition			
	1-year Operating Min WD	1-year Operating Max WD	100 years Storm Min WD	100-years Storm Max WD
Mean Sea Level (MSL)	190.00 ft	190.00 ft	190.00 ft	190.00 ft
HHWL (Highest High Water Level)	-	2.49 ft	-	2.49 ft
LLWL (Lowest Low Water Level)	-3.31 ft	-	-3.31 ft	-
Storm Surge	-1.11 ft	1.11 ft	-2.76 ft	2.76 ft
Water Depth	185.58 ft	193.60 ft	183.93 ft	195.25 ft

3.33 DATA GELOMBANG

Data gelombang dengan nilai maksimum tinggi dan periode gelombang dalam kurun waktu 1 tahun dan 100 tahun, data diambil dari dokumen analisis *fatigue* PHE-12 struktur *platform* seperti pada Tabel 3.3 :

Tabel 3. 3. Data gelombang blok West Madura

Return Period	Maximum Wave Height	Maximum Wave Period
1-year	12.60 ft	5.82 sec
100-years	30.64 ft	9.16 sec

3.34 DATA MATERIAL

Kondisi material struktur PHE-12 Platform adalah pada Tabel 3.4 berikut :

Tabel 3. 4. Data material PHE-12 Platform

Jenis <i>Properties</i> Material	Nilai
Modulus Young	29000 ksi
Shear Modulus	11200 ksi
Poisson ratio	0.3
Density	7850 kg / m ³
Primary Tubular Member	50 ksi
Secondary Tubular Member	36 ksi
Primary Shape Member	50 ksi
Secondary Shape Member	50 ksi

3.35 DATA PERSEBARAN GELOMBANG

Beban siklis yang sangat mempengaruhi dalam struktur lepas pantai adalah beban gelombang. Data berikut merupakan data persebaran gelombang dengan jangka waktu 100 tahun. Data diambil dari dokumen analisis *fatigue* PHE-12 struktur *platform* seperti pada Tabel 3.5 :

Tabel 3. 5. Data persebaran gelombang 100 Tahun

Cluster: K	Wave Distribution of 100 Years Period															SE
H	T (second)															Total
(meter)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	(second)
0.0-0.5	545434	4212512	9370472	13102916	10507304	3633060	853774	107306	22488	2742	320	26	4	0	0	42408388
0.5-1.0	0	5188	162728	1914500	3376778	2216230	843586	198916	36586	7472	1308	296	44	22	4	6796608
1.0-1.5	0	6	996	50392	238748	372166	216364	76030	22796	6338	1740	352	64	10	0	988002
1.5-2.0	0	0	16	1046	21028	64184	58634	32468	12788	4950	1368	298	48	4	0	196432
2.0-2.5	0	0	0	34	1766	11860	18944	14302	7274	2904	754	158	26	0	0	58022
2.5-3.0	0	0	0	0	112	2376	6672	6536	3976	1564	328	56	0	0	0	21620
3.0-3.5	0	0	0	0	20	454	2138	3056	2186	880	160	16	0	0	0	8820
3.5-4.0	0	0	0	0	0	68	692	1352	1320	452	54	6	0	0	0	3644
4.0-4.5	0	0	0	0	0	10	156	636	690	202	22	2	0	0	0	1718
4.5-5.0	0	0	0	0	0	2	50	278	300	74	6	2	0	0	0	712
5.0-5.5	0	0	0	0	0	0	10	118	114	26	0	0	0	0	0	268
5.5-6.0	0	0	0	0	0	0	0	28	58	12	2	0	0	0	0	100
6.0-6.5	0	0	0	0	0	0	2	22	22	4	0	0	0	0	0	50
6.5-7.0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	2	0	0	0	0	0	22
7.0-7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4
7.5-8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Total	545434	4217708	9634212	15068888	14145776	6308410	2001022	491070	113618	27226	6082	1182	186	36	4	52452832

3.36 MARINE GROWTH

Marine Growth adalah kondisi dimana struktur dibawah permukaan air laut mengalami penambahan ketebalan akibat aktivitas biota laut. Data diambil dari dokumen analisis *in-place* PHE-12 struktur *platform* seperti pada Tabel 3.6 :

Tabel 3. 6. Data *marine growth*

Elevation	Marine Growth			
	Case 1		Case 1	
	Thickness (in)	Density (lb/ft ³)	Thickness (in)	Density (lb/ft ³)
MSL to EL. (-) 20'-0"	4.0	87.4	2.0	77.0
EL. (-) 20'-0" to EL. (-) 120'-0"	2.0	87.4	2.0	77.0
EL. (-) 120'-0" to Mudline	1.0	87.4	2.0	77.0

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

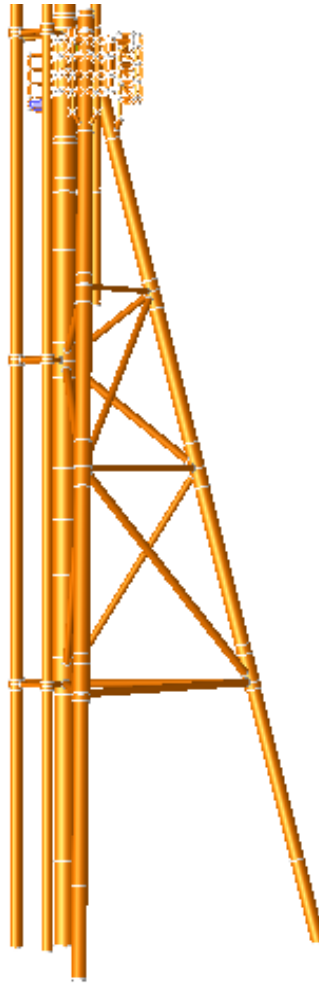
4.1 PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR

Permodelan struktur PHE-12 platform yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah dengan menggunakan bantuan software SACS 5.7. Elevasi, *member properties*, orientasi arah platform dan beban disesuaikan menurut laporan *fatigue analysis* PHE-12 platform, nomor dokumen: PHEWMO-PHE12-C-SDY-0003 milik PT. Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore. Permodelan struktur ini menginputkan ketebalan *marine growth* sesuai ketebalan dan elevasi masing-masing sehingga hasil umur kelelahan akan dihitung mulai dari tahun 2016. Berikut model platform yang telah dibuat, gambar terdiri dari 2 bagian, untuk hasil permodelan topside tertera pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Permodelan struktur PHE-12 *topside*

Untuk tipe struktur PHE-12 *jacket* adalah monopod dengan ditopang oleh 2 *pile support*, hasil permodelan PHE-12 *jacket* dengan tipe *caisson monopod* terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Struktur *caisson monopod* PHE-12 Platform

Kondisi pembebanan sesuai data report analisis *fatigue* PHE-12 dan gambar acuan letak pembebanan sesuai shop drawing yang didapat penulis dari PT. Gunanusa Utama Fabricators. Untuk beban siklis yang diterima oleh PHE-12 Jacket adalah beban gelombang sesuai report Metocean Data Integration Study for West Madura Offshore Field, by PT. BIRU, 1st November 2013, Cluster K”. Berikut data pembebanan sesuai Tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Tabel data pembebanan pada PHE-12 Platform

No.	Load Case	Basic Load (Kips)
1	<i>Topside Structural Dead load</i>	416,76
2	<i>Guardian Sleeve Structural Dead load</i>	613,52
3	<i>Caisson and Batter Piles (above mudline)</i>	409,35
4	<i>Deck NGDL</i>	245,71
5	<i>Guardian Sleeve NGDL</i>	77,86
6	<i>Piping Operating Load on Main Deck</i>	15,86
7	<i>Piping Operating on Mezzanine Deck</i>	40,02
8	<i>Piping Operating on Cellar Deck</i>	77,20
9	<i>Piping Operating on Sub Cellar Deck</i>	30,93
10	<i>Live Load on Open Area Main Deck</i>	154,57
11	<i>Live Load on Laydown Area Main Deck</i>	28,53
12	<i>Live Load on Escape Route Area Main Deck</i>	71,24
13	<i>Live Load on Open Area Mezzanine Deck</i>	10,12
14	<i>Live Load on Escape Route Mezzanine Deck</i>	57,16
15	<i>Live Load on Open Area Cellar Deck</i>	111,94
16	<i>Live Load on Laydown Area Cellar Deck</i>	7,69
17	<i>Live Load on Escape Route Area Cellar Deck</i>	58,28
18	<i>Live Load on Open Area Sub Cellar</i>	8,51
19	<i>Live Load on Escape Route Sub Cellar</i>	25,69
20	<i>Live Load on Open Area Boat Landing</i>	6,57
21	<i>Mechanical Operating Load</i>	251,76
22	<i>Electrical Load</i>	18,37
23	<i>Instrument Load</i>	4,77

Contingency factor adalah faktor kemungkinan pada pembebanan yang mungkin berubah akibat berbagai kondisi, contohnya perkiraan beban material pada desain tidak sama dengan kondisi material pada saat fabrikasi. Berikut terlampir *contingency factor* sesuai API RP 2A pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. *Contingency factor* dengan beberapa tipe pembebanan

No	Jenis Pembebanan	<i>Contingency Factor</i>
1.	<i>Structural Selfweight</i>	1.10
2.	<i>Piping Operating Load</i>	1.10
3.	<i>Live Load</i>	0.5
4.	<i>Mechanical Operating Load</i>	1.10
5.	<i>Electrical Load</i>	1.10
6.	<i>Instrument Load</i>	1.10

Setelah itu, model SACS ini dilakukan validasi dengan membandingkan berat struktur dan posisi *center of gravity* dengan dokumen dari Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore. Untuk mengetahui validasi berat struktur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Validasi berat struktur

MODEL (KN)	REPORT (KN)	SELISIH (%)
2352.04	2345.4543	0.04

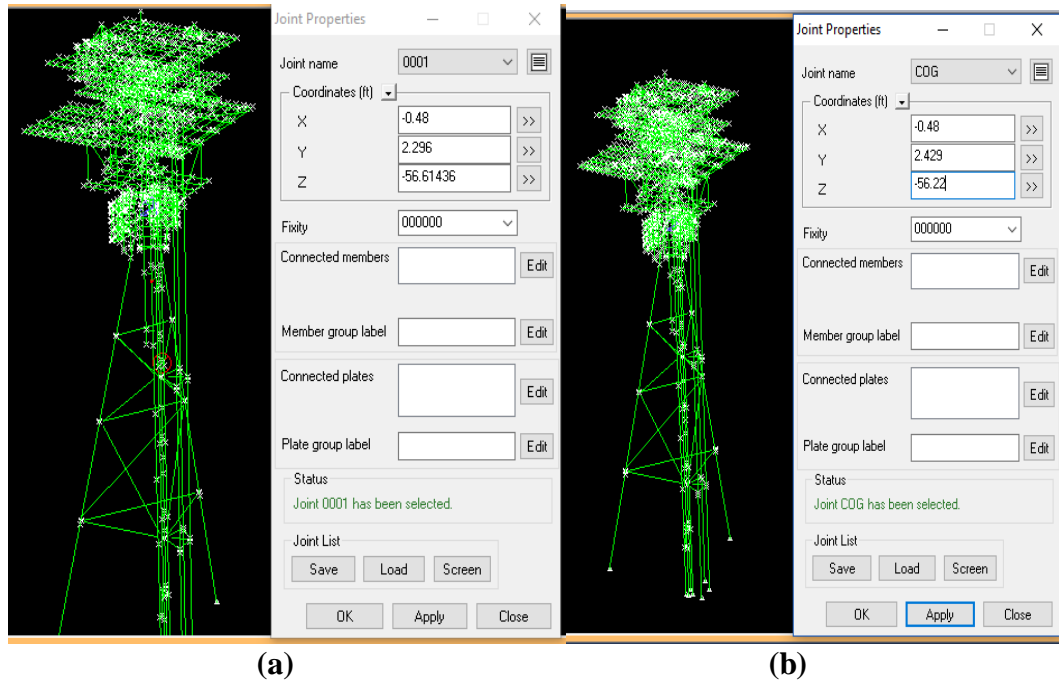
Perbandingan letak *center of gravity* antara modeling dengan dokumen tertera Tabel 4.4 sebagai berikut, dengan titik acuan dari (0,0,0):

Tabel 4. 4. Validasi *center of gravity*

Koordinat COG (<i>Center of Gravity</i>)			
MODEL	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)
SACS	-0.48	2.42	-56.22
Report	-0.48	2.29	-56.61

Agar dianggap valid, selisih koordinat tidak boleh lebih dari 0.05 feet. Hasil perhitungan pada tabel diatas memenuhi peraturan tersebut.

Perbandingan *Center of Gravity* antara model dengan hasil report tertera pada Gambar 4.3 dan 4.4 yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 3. Letak *center of gravity* hasil *modeling* pada SACS, (a) CoG pada *report* dan (b) CoG pada *modeling*.

4.2 PERHITUNGAN *CENTER OF DAMAGE*

Center of Damage atau pusat kerusakan adalah sebuah referensi yang mensimulasikan gelombang kelelahan (*fatigue wave*) yang berdampak paling signifikan terhadap kelelahan struktur. Estimasi perhitungan diperoleh dari persebaran data gelombang selama 100 tahun berdasarkan *report* Metocean Data Integration Study for West Madura Offshore Field, by PT. BIRU, 1st November 2013, Cluster K". Langkah perhitungan berdasarkan DNV-RP-H103 dan DNV-RP-C205. Korelasi antara mean zero crossing period (T_z) dengan periode puncak (T_p) berdasarkan perhitungan spektrum JONSWAP.

Hasil dari perhitungan ini adalah tinggi gelombang dan periode *center of damage* berada pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5. Hasil perhitungan gelombang *center of damage*

Tinggi Gelombang Center of Damage (Hmax)	Periode Center of Damage (Tmax)
2,082 ft	6,88 s

Hasil diatas digunakan untuk perhitungan pada analisis statis dengan *Pile Soil Interaction*. Analisis spektral harus menggunakan perhitungan *center of damage* untuk menghitung superelement pondasi.

4.3 ANALISIS STATIS DENGAN *PILE SOIL INTERACTION*

Interaksi antara pondasi dengan *soil properties* harus diperhitungkan untuk mempertimbangkan gaya lateral dari respon seismik terhadap pondasi suatu struktur. Hasil dalam analisis ini adalah beban *base shear* atau beban geser dasar. *Base shear* adalah estimasi dari gaya lateral maksimum yang mungkin akan terjadi pada pondasi suatu struktur berdasarkan gerakan seismik. Perhitungan *base shear* berdasarkan kondisi tanah dan potensi perkiraan pergerakan dari aktivitas seismik.

Linearisasi dilakukan pada 4 arah X dan Y (arah ortogonal) gelombang *centre of damage* pada 0°, 90°, 180°, 270° berdasarkan inputan SACS yang dianggap memenuhi permodelan beban gelombang kondisi operasi terhadap *Pile Soil Interaction*. Hasil dari linearisasi pondasi adalah matriks 6X6 nilai kekakuan pondasi pada *pilehead* menggunakan perhitungan superelement. File superelement diperoleh setelah melakukan step ini.

Hasil analisis statis dengan *Pile Soil Interaction* menghasilkan nilai *base shear* yang tertera pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6. Hasil pembebanan *base shear*

Load Case	Arah Gelombang	Fx (Kips)	Fy (Kips)	Base Shear (Kips)
FT01	0 deg	15,70	-0,24	15,70
FT02	90 deg	0,01	15,67	15,67
FT03	180 deg	-15,72	0,10	15,72
FT04	270 deg	0,03	15,58	15,58

4.4 ANALISIS DINAMIS (*EXTRACT MODE SHAPES*)

Analisis dinamis dilakukan untuk mendapatkan karakteristik dinamika pada struktur diantaranya adalah *Mode Shape File* (dynmod.) dan *Mass File* (dynmas.) yang nantinya akan digunakan untuk melakukan *Wave Response Analysis*. Dalam analisa ini, input yang dibutuhkan adalah *environment input* (seainp.), *model input* (sacinp.), dan *dynpac input* (dyninp.dyn).

Dynpac input dapat mengkalkulasi otomatis massa struktur untuk elemen yang dimodelkan. Proses analisis dinamis ini akan mensimulasikan *added mass* dan *fluid mass* terhadap *seastate*.

Kemudian di *output listing* pula, periode natural struktur dapat diketahui. Periode natural struktur berguna untuk menentukan metode pengerjaan menggunakan metode deterministik atau metode spektral. Menurut API RP 2A, penggunaan metode spektral lebih baik digunakan saat periode natural struktur di atas 3 detik. Berikut 10 periode natural struktur terbesar dari struktur PHE-12 Platform di Tabel 4.7.

Tabel 4. 7. Periode natural struktur PHE-12 Platform

Mode	Frequency (cps)	Gen. Mass	Eigen Value	Period (sec)
1	0.295557	8.9541722E+03	2.8997372E-01	3.3834456
2	0.384226	5.4113215E+03	1.7158038E-01	2.6026375
3	0.429965	1.1109311E+04	1.3701710E-01	2.3257727
4	0.498671	7.3862220E+03	1.0186186E-01	2.0053292
5	0.531688	4.5926571E+03	8.9603669E-02	1.8808007
6	0.838433	1.6435794E+03	3.6033227E-02	1.1927007
7	1.030858	1.1830553E+04	2.3836515E-02	0.9700659
8	1.108952	1.0579716E+04	2.0597527E-02	0.9017526
9	2.538886	6.4849597E+03	3.9296498E-03	0.3938735
10	2.846954	3.2891271E+03	3.1252099E-03	0.3512525

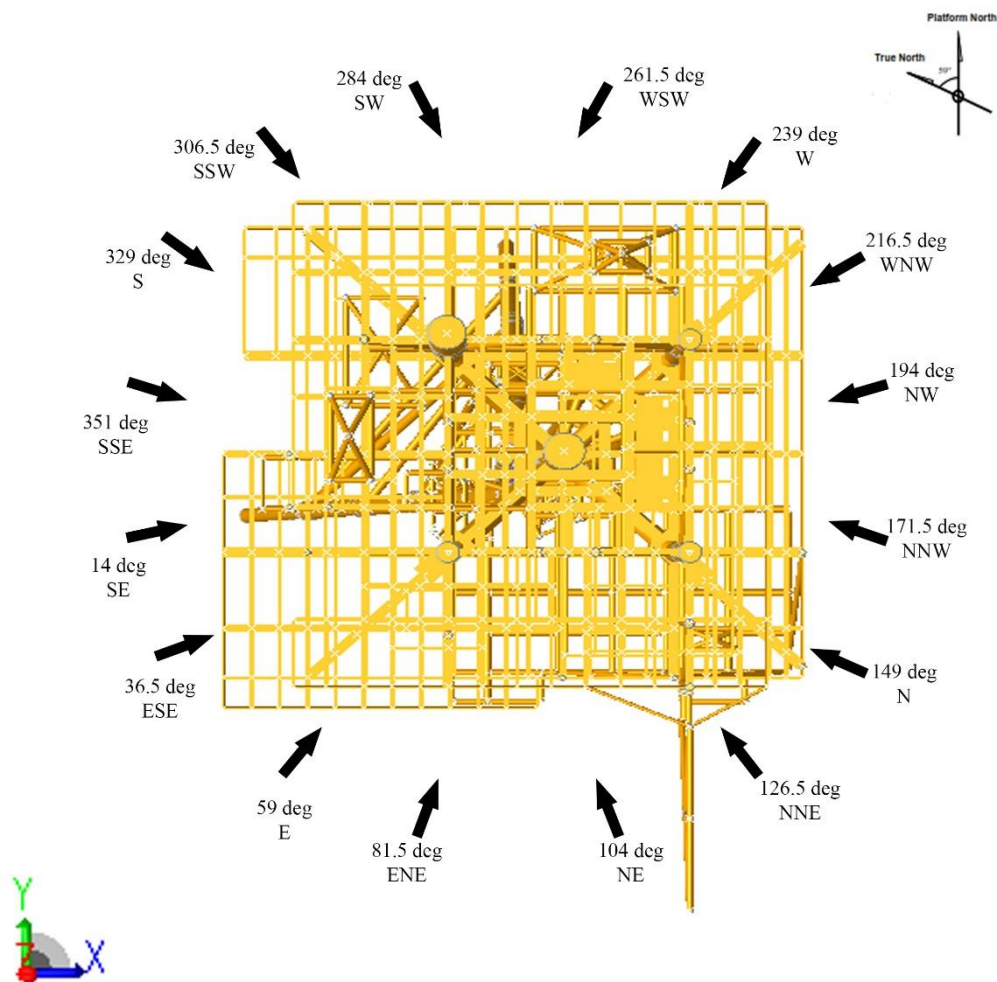
Dari hasil analisis diatas, periode natural struktur tertinggi terjadi pada periode 3,38 detik. Dengan hasil tersebut maka analisis kelelahan menggunakan metode spektral.

4.5 TRANSFER FUNCTION DAN WAVE RESPONSE

Transfer function dan *wave response* adalah analisis yang ditujukan untuk mengetahui respon struktur terhadap gelombang yang mengenainya. Respon tersebut ditunjukkan dengan nilai respon *base shear* dan *overturning moment* struktur yang tercantum pada *Wave Response List* (wvrlst.) sebagai hasil output analisis. Dalam analisis ini, input yang dibutuhkan antara lain *environment input* (seainp.), *model input* (sacinp.), *wave response input* (wvrinp.), *dynpac mode shape input* (dynmod.), *dynpac mass input* (dynmas.).

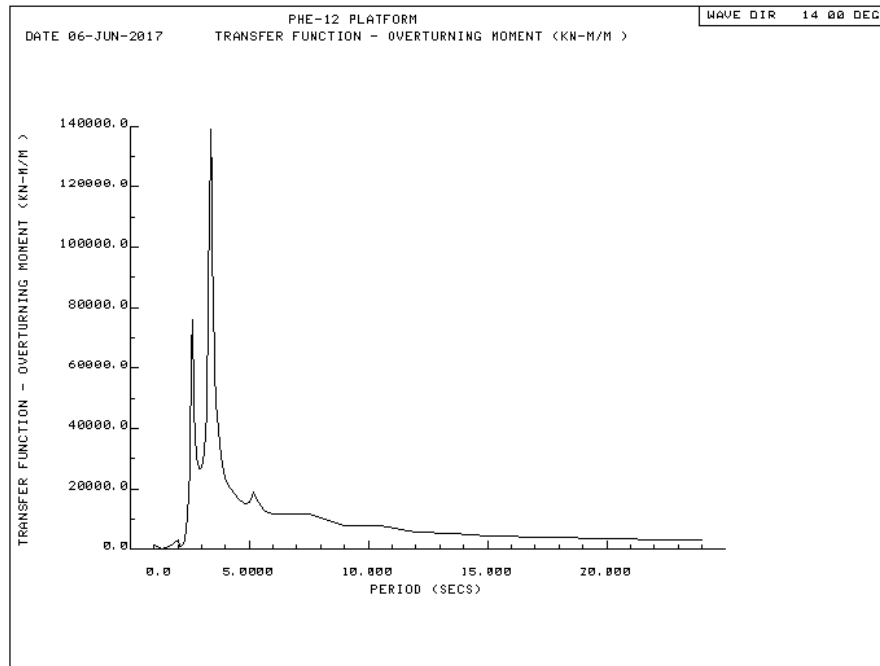
Untuk mempresentasikan permodelan gelombang, pemilihan *wave period* dan *frequency* sesuai lampiran dari Fatigue Report PHE-12 Platform. Namun sebelum itu, berikut adalah pembagian 16 *fatigue wave directions* PHE-12 Platform sesuai

pada Gambar 4.4 :

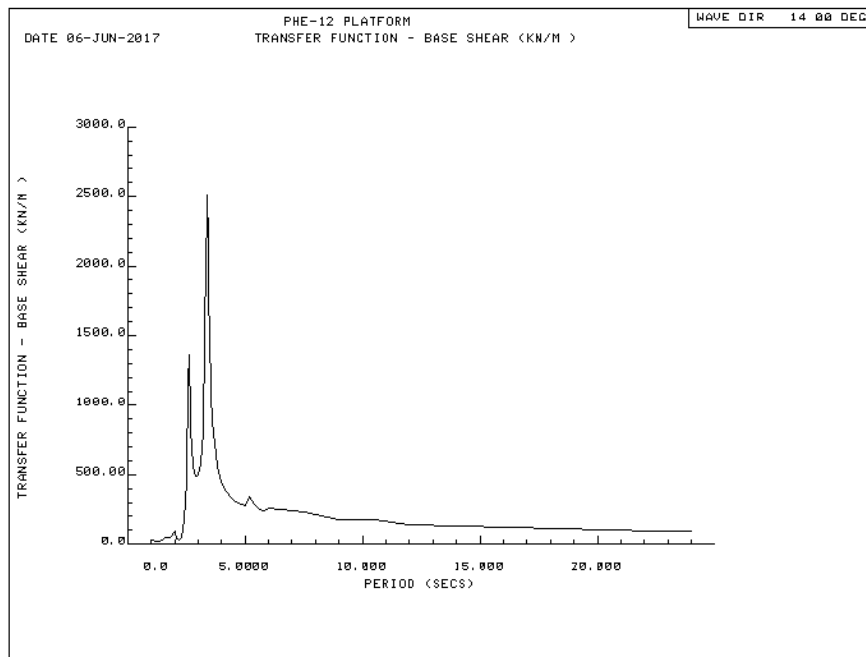


Gambar 4. 4. Pembagian 16 arah gelombang *fatigue*

Salah satu contoh hasil dari plot transfer function dan wave response pada arah 14 derajat tertera pada Gambar 4.5 (*overtuning moment*) dan Gambar 4.6 (*base shear*).



Gambar 4. 5. Grafik respons struktur *overtuning moment* pada arah relombang 14°



Gambar 4. 6. Grafik respons struktur *base shear* pada arah gelombang 14°

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh gelombang terhadap respons struktur maka perlu dibandingkan dengan hasil grafik dengan *fatigue wave occurences* sesuai data pada lampiran F.

4.6 ANALISIS UMUR KELELAHAN

Analisis umur kelelahan atau *fatigue* dilakukan untuk menghitung umur kelelahan struktur. Dalam analisis ini, akan didapatkan *fatigue life* untuk tiap-tiap *joint* dan nilai *fatigue life* terkecil dibandingkan dengan *service time*. Nilai *Stress Concentration Factor* dan *fatigue wave occurrences* dimasukkan sesuai data dari Fatigue Report PHE-12 Platform pada lampiran. Ketika nominal spektrum *hot spot stress* mencapai maksimal pada setiap lokasi *hot spot* dari sambungan tubular diperoleh, *cumulative fatigue damage* pada lokasi *joint* berdasarkan perhitungan Palmgren-Miner dan API WJT S-N Curve untuk *no weld improvement*, API WJ2 untuk *burr grinding*, dan API WJ3 untuk *hammer peening*.

Berdasarkan Aturan Palmgren-Miner, struktur yang menerima berbagai macam *stress range* akan menerima kegagalan kelelahan ketika jumlah nilai kerusakan dari setiap *stress range* sama dengan total keseluruhan.

Berdasarkan hasil analisis diatas, umur kelelahan struktur pada tiap *joint* harus memenuhi umur operasi 20 tahun (*safety factor* sesuai tabel 1.1). Terdapat 4 *joint* yang tidak memenuhi desain umur operasi, lalu ditentukan dengan *weld improvement* agar memenuhi sesuai desain umur operasi. Berikut hasil analisis kelelahan PHE-12 Platform dengan 10 hasil dengan umur kelelahan terkecil pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Hasil analisis *fatigue* pada PHE-12 Platform

Joint	Member	Tipe Joint	Tipe Member	Perhitungan Umur Kelelahan		Safety Factor	Min. Fatigue Life
				Damage	Umur (tahun)		
701	701- 702	T	BRC	0.6633	60.298 (*)	5	100
	622- 701	T	CHD	1.1676	34.257 (*)	5	100
702	701-702	Y	BRC	0.5050	79.199 (*)	5	100
	702- 802	Y	CHD	0.7038	56.829 (*)	5	100

Tabel 4. 8. Hasil analisis *fatigue* pada PHE-12 Platform (lanjutan)

Joint	Member	Tipe Joint	Tipe Member	Perhitungan Umur Kelelahan		Safety Factor	Min. Fatigue Life
				Damage	Umur (tahun)		
703	701- 703	Y	BRC	0.0568	703.782	5	100
	703- 803	Y	CHD	0.0827	483.347	5	100
701	701- 703	T	BRC	0.2058	194.313	5	100
	622- 701	T	CHD	0.3831	104.396	5	100
623	C394- 623	T	BRC	0.0277	1442.867	5	40
	621-623	T	CHD	0.0135	2958.066	5	40
623	C494- 623	T	BRC	0.0121	3291.700	2	40
	621- 623	T	CHD	0.594-2	6725.367	2	40
623	C294- 623	T	-	0.0115	3466.417	2	40
	621- 623	T	-	0.572-2	6988.463	2	40
801	801-1000	Tub	-	0.823-2	4859.143	5	100
	812- 801			0.823-2	4859.164	5	100
293	103- 293	Tub	-	0.707-2	5653.099	5	100
	293- 393			0.707-2	5653.097	5	100
402	403- 402	Y	BRC	0.737-2	5421.500	5	100
	402- 502	Y	CHD	0.582-3	68725.41	5	100

Hasil akhir umur kelelahan harus memenuhi kriteria umur kelelahan sesuai umur operasi dan *safety factor*-nya. Umur operasi untuk PHE-12 Platform adalah 20 tahun. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa pada joint 701 dan 702 tidak memenuhi desain kriteria umur operasi. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan *weld improvement*, *burr grinding* atau *hammer peening*. Berikut adalah hasil analisis umur kelelahan setelah pengaplikasian *weld improvement*, *burr grinding* dan *hammer peening* pada Tabel 4.9.

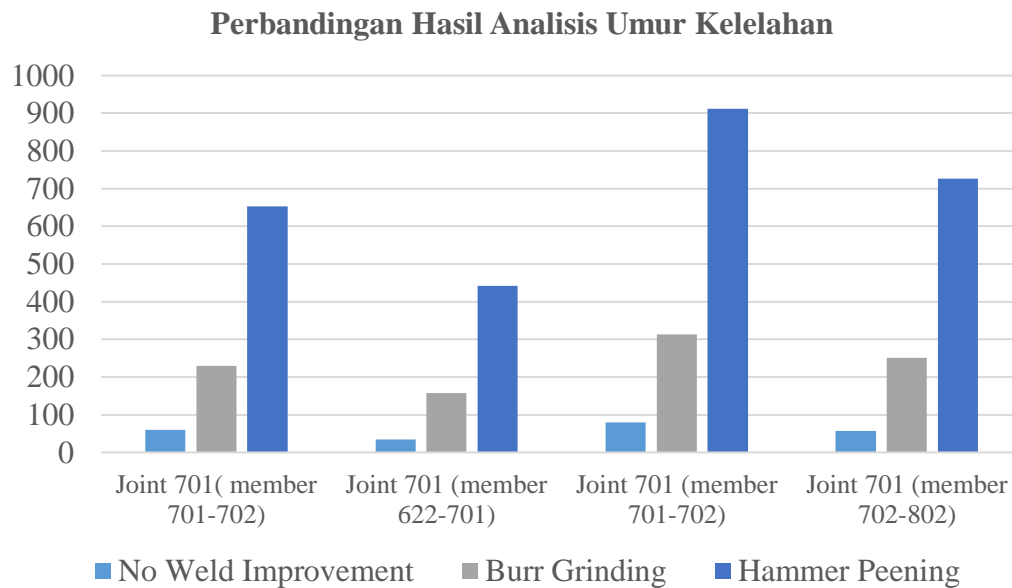
Tabel 4. 9. Perbandingan hasil analisis *fatigue* dengan API S-N *curve* berbeda

Joint	Member	Tipe Joint	Tipe Member	Perhitungan Umur Kelelahan (Tahun)		
				API WJT S-N Curve	API WJ2 S-N Curve	API WJ3 S-N Curve
701	701- 702	T	BRC	60,29	229,71	652,4
	622- 701	T	CHD	34,25	157,97	441,29
702	701-702	Y	BRC	79,20	312,82	911,31
	702- 802	Y	CHD	56,83	251,32	725,84

Catatan :

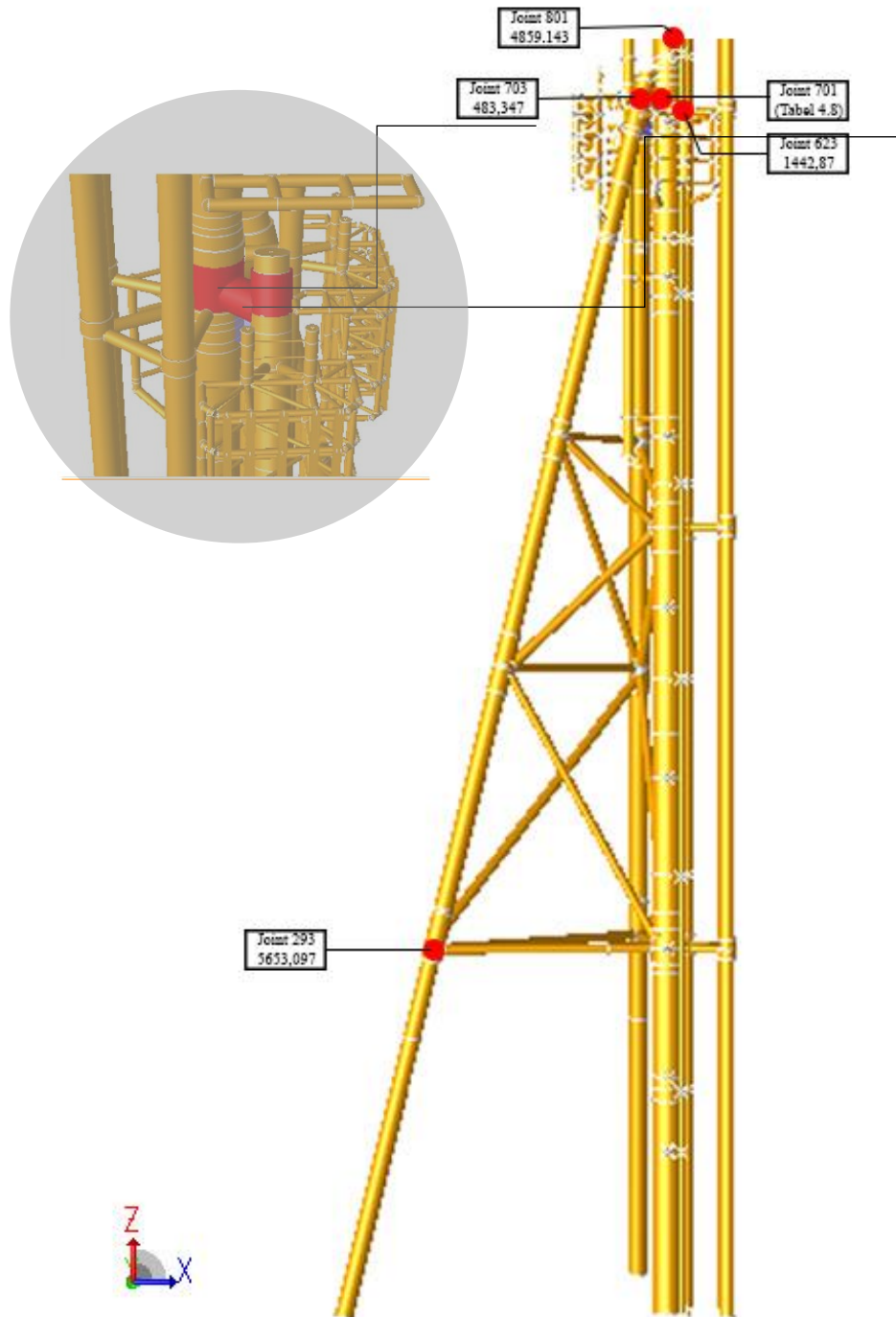
1. API WJT S-N curve, *no weld improvement*
2. API WJ2 S-N curve, *burr grinding*
3. API WJ2 S-N curve, *hammer peening*

Untuk mempermudah dalam membandingkan ketiga hasil perhitungan umur kelelahan diantara *weld improvement* tersebut maka dilampirkan grafik sesuai Gambar 4.7.



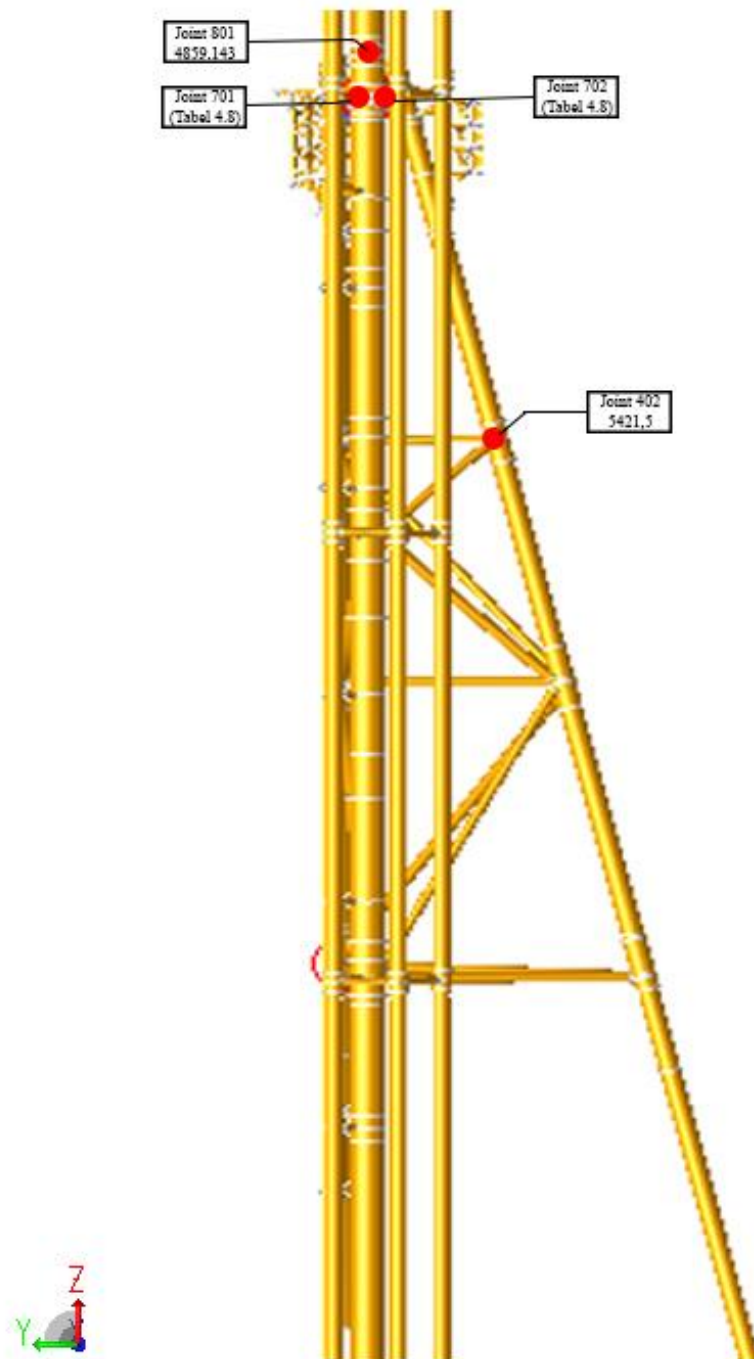
Gambar 4. 7. Grafik perbandingan umur kelelahan antara *no weld improvement*, *burr grinding*, dan *hammer peening*

Dari hasil analisis tersebut, penggunaan *weld improvement* dapat memenuhi umur operasi yang direncanakan. *Fatigue joint plan* untuk 10 joint dengan umur kelelahan terendah sesuai pada masing-masing *jacket elevation*. Berikut gambar umur kelelahan pada *elevation-a* sesuai pada Gambar 4.8.



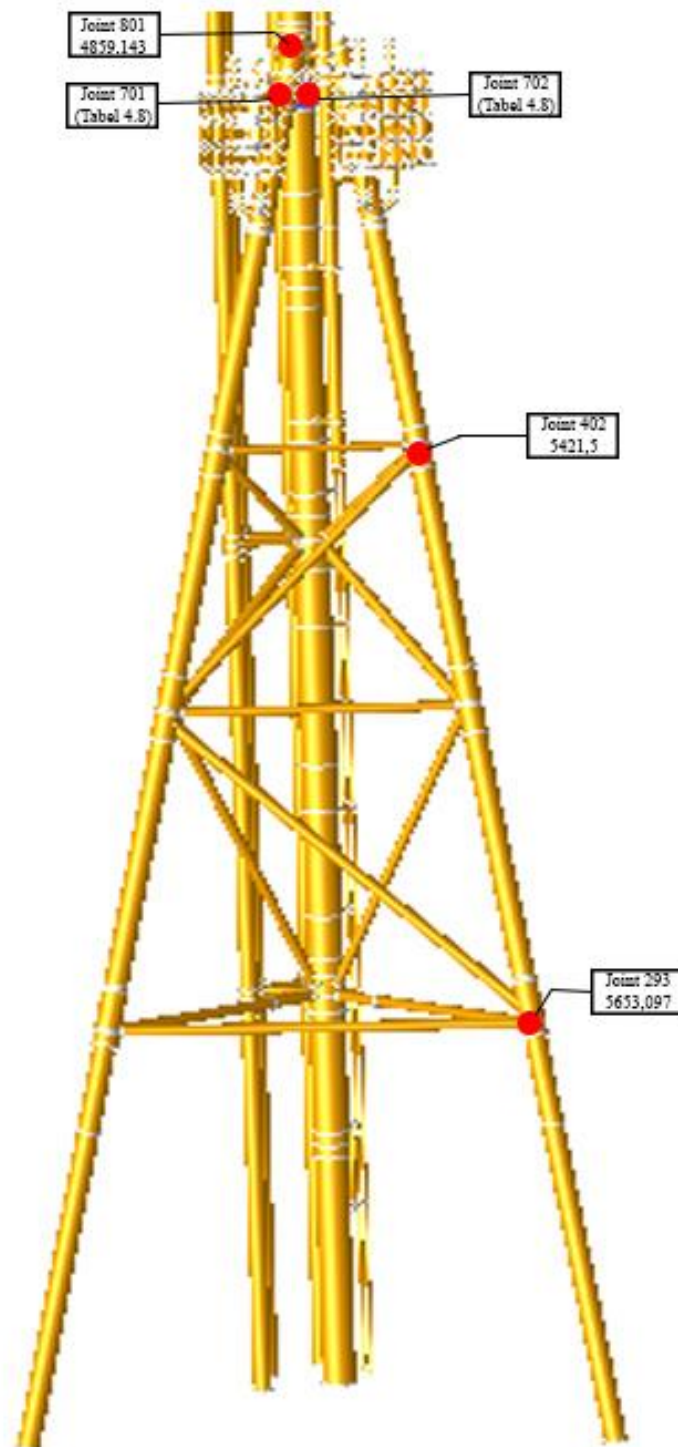
Gambar 4. 8. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform *elevation-A*

Gambar diatas adalah *fatigue joint plan* pada axis x dan z. Berikut gambar *fatigue joint plan* untuk *jacket elevation-B* sesuai pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform *elevation-B*

Gambar diatas adalah *fatigue joint plan* pada axis y dan z. Berikut gambar *fatigue joint plan* untuk *jacket elevation-c* sesuai pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10. Umur kelelahan struktur PHE-12 Platform *elevation-C*

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis fatigue yang dilakukan penulis, dapat disimpulkan bahwa hasilnya adalah sebagai berikut :

1. Pada *joint* 701 dan 702 tidak memenuhi kriteria umur operasi 100 tahun (umur operasi 20 tahun dikalikan oleh *safety factor*, 5). Hasil analisis pada kedua *joint* tersebut adalah *joint* 701 (member 701-702) : 60,3 tahun, 701 (member 622-701) : 34,26 tahun dan *joint* 702 (member 701-702) : 79,2 tahun, 702 (member 702-802) : 56,83 tahun. Dengan hasil tersebut maka perlu dilakukan *weld improvement* agar memenuhi kriteria umur kelelahan.
2. Perlakuan *weld improvement*, *burr grinding* dan *hammer peening* terbukti mampu memberikan peningkatan pada umur kelelahan pada *joint* 701 dan 702. Penambahan umur struktur bisa dilakukan dengan mengganti S-N Curve sesuai jenis *weld improvement* tersebut, *burr grinding* menggunakan API WJ2 S-N Curve dan *hammer peening* (API WJ3 S-N Curve). Umur operasi setelah aplikasi *burr grinding* adalah *joint* 701 (member 701-702) : 229,71 tahun, 701 (member 622-701) : 157,97 tahun , dan *joint* 702 (member 701-702) : 312,82 tahun, 702 (member 702-802) : 251,32 tahun. Umur operasi setelah aplikasi *hammer peening* adalah *joint* 701 (member 701-702) : 652,47 tahun, 701 (member 622-701) : 441,29 tahun , dan *joint* 702 (member 701-702) : 911,31 tahun, 702 (member 702-802) : 725,84 tahun.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis lokal dengan metode mekanika kepecahan untuk mengetahui perbandingan umur kelelahan dengan hasil analisis Tugas Akhir ini.

2. Melakukan analisis keandalan untuk metode menaikkan umur kelelahan. Menghitung efisiensi *weld improvement* untuk menaikkan umur kelelahan dibandingkan dengan mengganti *grade* material.
3. Membandingkan hasil *Non Destructive Test*, yaitu *Micro Examination Test*, antara sambungan *weld improvement*, *burr grinding* dan *hammer peening*. Membandingkan sejauh mana perubahan partikel antara kedua *treatment*.

DAFTAR PUSTAKA

Almar-Naess, A. Ed., 1985. **Fatigue Handbook : Offshore Steel Structure**, Tapir Publisher. Trondheim, Norway.

AWS D1.1 American Welding Society, **Structural Welding Codes – Steel**.

Djarmiko, E.B., 2012. **Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak**, ITS Press, Surabaya, Indonesia.

Haagensen, P.J, dan S.J. Maddox. 2010. **IIW Recommendations on Methods for Improving the Fatigue Strength of Welded Joints**. IIW-2142-10. ASTM Society.

Khalifa, A.A., S.Y. Aboul Haggag, dan M.N. Faye. 2014. **Fatigue Assesment Analysis of Offshore Structures with Application to an Existing Platform in Suez Gulf, Egypt**. World Applied Sciences Journal 30 (8): 1000-1019.

Lloyd's Register. 1997. **Stress Concentration Factors for Simple Tubular Joints**.

PHEWMO-PHE12-C-SDY-0003-REV.1, “**Fatigue Analysis PHE-12 Wellhead Platform**”.

PHEWMO-PHE12-PHE24-CPP2-I-PRC-0022-REV.0, “**Procedure for Hammer Peening**”.

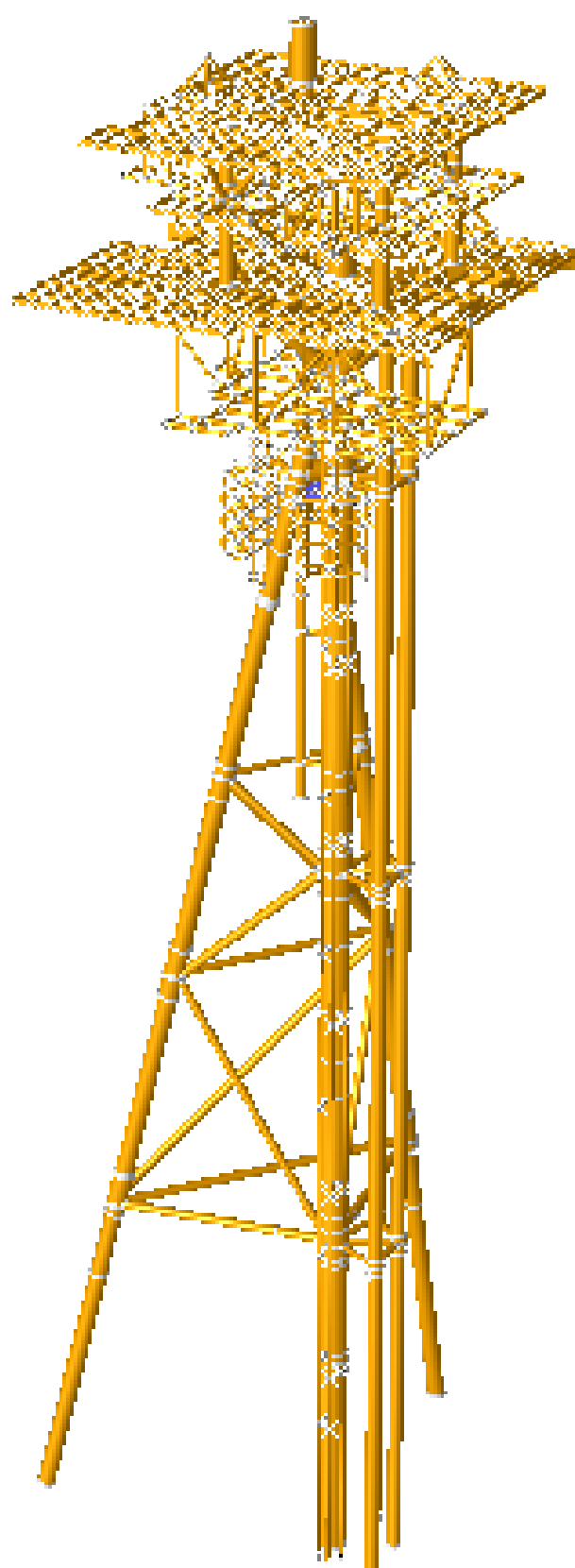
Prasojo, Indratmo J., 2011. **Offshore Fixed Platform FATIGUE Analysis**. Fatigue-IJP-Rev.00.

Saini, Dikshant S., Debasis Karmakar, dan Samit Ray-Chaudhuri. 2016. **A Review of Stress Concentration Factors in Tubular and Non-tubular Joints for Design of Offshore Installations**. Journal of Ocean Engineering and Science 1: 186-202.

Satria, Rizky W., 2016. **Analisis Perpanjangan Umur Operasi Bekapai FS Flare Tripod Platform Menggunakan Mekanika Kepecahan Metode Linear Elastis dengan Retak Semi Elip**. Tugas Akhir Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

LAMPIRAN A

Permodelan Struktur Global SACS



LAMPIRAN B
Data SACS Input

SEASTATE INPUT FOR STATIC ANALYSIS

LDOPT SF +Z 64.20 490.00 -190. 190.GLOB FLDCMB NPNP K

FATIGUE ANALYSIS : PHE-12 SUPERELEMENT

LCSEL FT01 FT05 FT09 FT13

FILE B

CENTER CEN1

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

***** centre of damage wave *****

LOAD

LOADCN 401

LOADLB 401 CENTRE OF DAMAGE WAVE +X DIR

WAVE

WAVE1.00STOK 2.082 6.88 0.000 D 20.00 18MS10 1 0

*

LOADCN 405

LOADLB 405 CENTRE OF DAMAGE WAVE +Y DIR

WAVE

WAVE1.00STOK 2.082 6.88 90.00 D 20.00 18MS10 1 0

*

LOADCN 409

LOADLB 409 CENTRE OF DAMAGE WAVE -X DIR

WAVE

WAVE1.00STOK 2.082 6.88 180.00 D 20.00 18MS10 1 0

*

LOADCN 413

LOADLB 413 CENTRE OF DAMAGE WAVE -Y DIR

WAVE

WAVE1.00STOK 2.082 6.88 270.00 D 20.00 18MS10 1 0

*

***** LCOMB FATIGUE SUPERELEMENT *****

LCOMB

***** LIVE LOAD *****

LCOMB LIV 2600.5000 2610.5000 2620.5000 2650.5000 2660.5000

LCOMB LIV 2700.5000 2710.5000 2720.5000 2750.5000 2760.5000 2770.5000

***** GRAVITY LOAD *****

LCOMB GRVT 51.1000 1051.1000 1101.1000 1151.1000 1201.1000 1251.1000

LCOMB GRVT 1301.1000 2801.1000 2851.1000 2901.1000

*

***** CENTRE OF DAMAGE WAVE - SUPERELEMENT CREATION *****

*

LCOMB FT01 GRVT1.0000 LIV1.0000 4011.3202

*

LCOMB FT05 GRVT1.0000 LIV1.0000 4051.3202

*

LCOMB FT09 GRVT1.0000 LIV1.0000 4091.3202

*

LCOMB FT13 GRVT1.0000 LIV1.0000 4131.3202

*

END

SEASTATE INPUT FOR DYNAMIC ANALYSIS

LDOPT SF +Z 64.20 490.00 -190.190.000GLOB FLDCMB NPNP K

FATIGUE ANALYSIS : PHE-12 DYNAMIC ANALYSIS

LCSEL DY MASS

FILE B

CENTER CEN1

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

*

***** LCOMB *****

LCOMB

*****LIVE LOAD WITHOUT RIG*****

LCOMB LIV 2600.5000 2610.5000 2620.5000 2650.5000 2660.5000

LCOMB LIV 2700.5000 2710.5000 2720.5000 2750.5000 2760.5000 2770.5000

*****LOAD COMBINATION*****

LCOMB GRVT 1051.1000 1101.1000 1151.1000 1201.1000 1251.1000

LCOMB GRVT 1301.1000 2801.1000 2851.1000 2901.1000

*

LCOMB MASS GRVT 1.000LIV 1.000

END

DYNAMIC INPUT FOR DYNAMIC ANALYSIS

PHE-12 PLATFORM

DYNOPT +ZEN 40CONS 490.0064.2000 -190.0 190.00 1.0 SA-Z

DYNOP2 1.10 1.

GROVR LP2 N 0.000001

GROVR LP3 N 0.000001

GROVR LP4 N 0.000001

GROVR LP5 N 0.000001

*

GROVR PL2 N 0.000001

GROVR PL3 N 0.000001

GROVR PL4 N 0.000001

*

GROVR WB1 N 0.000001

GROVR WB2 N 0.000001

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 14 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOBEN K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 14.00 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 36.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 36.50 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 59 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 59.00 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 81.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 81.50 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 104 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 104.0 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 126.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 126.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 149 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 149.0 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 171.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 171.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 194 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 194.0 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 216.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 216.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 239 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 239.0 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 261.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 261.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 284 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 284.0 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 306.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 306.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 329 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0
GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 329.0 18AIRYPF 15.32 1.0
END

SEASTATE INPUT FOR TRANSFER FUNCTION 351.5 DEG

LDOPT NF+Z 64.2 490. -190.0 190.0GLOB K

FILE S

*

CDM

CDM 1.00 0.70 2.00 0.70 2.00

CDM 80.00 0.70 2.00 0.70 2.00

*

MGROV

MGROV 0.000 70.000 1.000 87.400

MGROV 70.000 170.000 2.000 87.400

MGROV 170.00 190.000 4.000 87.400

*

LOAD

LOADCN 1

GNTRF AL 12 0.059 24.0 1.50 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 12 0.059 6.00 0.20 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 15 0.059 3.60 0.02 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 6 0.059 3.30 0.10 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 10 0.059 2.70 0.02 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

GNTRF AL 16 0.059 2.50 0.10 351.5 18AIRYPF 15.32 1.0

END

FATIGUE INPUT FOR BURR GRINDING

FTOPT F 40. 1.0 1.0 SMWJ2 SK SK K LPUSR

FTOPT2 PTVS WS 4.0 -14.0 16.0 -190. 190. 21.75

**** TOPSIDE MEMBER ****

GRPSEL RM CL1 CL3 CL4 C02 BRC SC1 SC2 DL1 DSP DUM HG1 HG2 MZ1 MZ2

GRPSEL RM MZA MZB VN1 VN2 SLV

**** BOATLANDING MEMBER AND RISER GUARD ****

GRPSEL RM BL0 BL1 BL2 BL3 BL4 BL5 BLX BLY RG RG1

**** RISER ****

GRPSEL RM SR1 SR2 SR3 SRA SRB SRC R4 R4A R6 R6A R8 R8A

**** CONDUCTOR & WISHBONE ****

GRPSEL RM CND GD1 GD2 WB1 WB2

**** CONDUCTOR SUPPORT ****

GRPSEL RM SP1 SP2 SP3 SP5

**** SUMP CAISSON ****

GRPSEL RM SS1 SS2 SM0 SM1 SM2 SM3

**** INLINE MEMBER - PILES ****

GRPSEL RM LP1 LP2 LP3 LP4 LP5 PL1 PL2 PL3 PL4 PL5 DLA

**** INLINE MEMBER - CAISSON SLEEVE AND PILE SLEEVE ****

*GRPSEL RM SL0 SL1 SL2 SL3 SL4 SL5 SL6 SL7 SL8

*GRPSEL RM PJ0 PJ1 PJ2 PJ3 PJ4 PJ5 PJ6

**** JACKET MEMBER ****

GRPSEL RM D01 D02 D03 D04 D05 H01 H02 H03 H04 H05

SCF 3.28 3.28 1.65 1.83 3.28 3.28 1.65 1.83

JNTSEL RM SM R 1 700 702 9999

RELIEF

SEAS

***** 14.0 degree - to South East *****

FTLOAD 10.06193374 1.0000 SPC 14.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.040

SCPER 1.50 8.031 0.010 0.000

SCPER 2.50 17.8650.310 0.002 0.000

SCPER 3.50 24.9803.650 0.096 0.002 0.000

SCPER 4.50 20.0326.438 0.455 0.040 0.003 0.000 0.000

SCPER 5.50 6.926 4.225 0.710 0.122 0.023 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 6.50 1.628 1.608 0.412 0.112 0.036 0.013 0.004 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.300 0.379 0.145 0.062 0.027 0.012 0.006 0.003 0.001 0.001 0.000

SCPER 8.50 0.043 0.075 0.043 0.024 0.014 0.008 0.004 0.003 0.001 0.001 0.000

SCPER 9.50 0.005 0.014 0.012 0.009 0.006 0.003 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.001 0.002 0.003 0.003 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.001 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 13.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 14.5 0.000

SCWAV 18.86 20.5 22.14 23.78 25.42 27.06 28.70

SCPER 0.50

SCPER 1.50

SCPER 2.50

SCPER 3.50

SCPER 4.50

SCPER 5.50

SCPER 6.50 0.000

SCPER 7.50 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 36.5 degree - to East South East *****

FTLOAD 20.21156020 1.0000 SPC 36.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 0.971 0.000

SCPER 1.50 7.476 0.037 0.000

SCPER 2.50 16.0250.876 0.016 0.000 0.000

SCPER 3.50 18.8905.902 0.368 0.015 0.001 0.000 0.000

SCPER 4.50 13.2889.566 1.897 0.286 0.034 0.003 0.000 0.000 0.000

SCPER 5.50 4.714 6.479 2.655 0.841 0.226 0.053 0.011 0.002 0.000 0.000 0.000

SCPER 6.50 1.188 2.650 1.598 0.721 0.286 0.104 0.034 0.011 0.003 0.001 0.000

SCPER 7.50 0.235 0.725 0.587 0.317 0.142 0.060 0.026 0.010 0.004 0.002 0.001

SCPER 8.50 0.035 0.161 0.158 0.086 0.042 0.021 0.011 0.005 0.003 0.001 0.001

SCPER 9.50 0.005 0.031 0.032 0.020 0.012 0.007 0.004 0.002 0.001 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.001 0.005 0.006 0.005 0.003 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.001 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 13.5 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 14.5 0.000 0.000

SCWAV 18.86 20.5 22.14 23.78 25.42 27.06 28.70 30.34

SCPER 0.50

SCPER 1.50

SCPER 2.50

SCPER 3.50

SCPER 4.50

SCPER 5.50

SCPER 6.50 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 59.0 degree - to East *****

FTLOAD 30.03138976 1.0000 SPC 59.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.401

SCPER 1.50 10.9580.052 0.000

SCPER 2.50 23.6351.358 0.012 0.000

SCPER 3.50 22.3968.654 0.526 0.016 0.000

SCPER 4.50 8.657 8.638 1.982 0.274 0.029 0.003 0.000 0.000

SCPER 5.50 2.039 3.983 1.644 0.476 0.117 0.025 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.442 1.117 0.598 0.240 0.082 0.025 0.007 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.080 0.210 0.141 0.062 0.020 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.011 0.031 0.025 0.009 0.002 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.001 0.004 0.003 0.001 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 81.5 degree - to East North East *****

FTLOAD 40.00331580 1.0000 SPC 81.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.876

SCPER 1.50 14.823 0.058 0.000

SCPER 2.50 32.734 1.968 0.015 0.000

SCPER 3.50 26.593 9.714 0.492 0.013 0.001

SCPER 4.50 5.266 3.736 0.637 0.080 0.009 0.000

SCPER 5.50 0.541 0.859 0.246 0.046 0.010 0.001 0.000

SCPER 6.50 0.071 0.136 0.039 0.006 0.001 0.000

SCPER 7.50 0.008 0.015 0.003 0.000

SCPER 8.50 0.001 0.001 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 104.0 degree - to North East *****

FTLOAD 50.00108431 1.0000 SPC 104.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 2.014
SCPER 1.50 15.3830.098 0.001
SCPER 2.50 35.7952.457 0.061 0.002
SCPER 3.50 27.4518.691 0.740 0.057 0.005 0.001
SCPER 4.50 3.950 1.952 0.518 0.083 0.014 0.002 0.001
SCPER 5.50 0.204 0.331 0.081 0.009 0.001
SCPER 6.50 0.030 0.054 0.002
SCPER 7.50 0.008 0.003
SCPER 8.50 0.001 0.000
SCPER 9.50 0.000
SCPER 10.5
SCPER 11.5
SCPER 12.5
SCPER 13.5
SCPER 14.5

***** 126.5 degree - to North North East *****

FTLOAD 60.00088634 1.0000 SPC 126.5
SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM
SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22
SCPER 0.50 2.117
SCPER 1.50 16.8320.080
SCPER 2.50 36.4112.587 0.050
SCPER 3.50 26.3478.422 0.563 0.043 0.004
SCPER 4.50 3.808 1.582 0.518 0.105 0.011 0.001 0.000
SCPER 5.50 0.157 0.268 0.066 0.005 0.000 0.000
SCPER 6.50 0.007 0.013 0.002 0.000
SCPER 7.50 0.001
SCPER 8.50
SCPER 9.50
SCPER 10.5
SCPER 11.5
SCPER 12.5
SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 149.0 degree - to North *****

FTLOAD 70.00069151 1.0000 SPC 149.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 2.139

SCPER 1.50 17.4200.048

SCPER 2.50 37.8231.995 0.027 0.000

SCPER 3.50 27.9417.266 0.298 0.011

SCPER 4.50 4.096 0.699 0.080 0.006 0.001

SCPER 5.50 0.117 0.029 0.001

SCPER 6.50 0.002 0.000

SCPER 7.50

SCPER 8.50

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 171.5 degree - to North North West *****

FTLOAD 80.00109841 1.0000 SPC 171.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.974

SCPER 1.50 16.3020.057 0.000

SCPER 2.50 32.6392.342 0.031 0.000

SCPER 3.50 30.5279.358 0.333 0.017

SCPER 4.50 5.145 0.894 0.117 0.020 0.002

SCPER 5.50 0.185 0.043 0.010

SCPER 6.50 0.003 0.001

SCPER 7.50

SCPER 8.50

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 194 degree - to North West *****

FTLOAD 90.00781281 1.000 SPC 194.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.02

SCPER 0.50 1.948

SCPER 1.50 15.4660.052 0.000

SCPER 2.50 32.7492.286 0.020 0.000

SCPER 3.50 30.3569.430 0.331 0.008 0.000

SCPER 4.50 5.291 1.356 0.168 0.017 0.001 0.000

SCPER 5.50 0.322 0.132 0.022 0.002 0.000

SCPER 6.50 0.026 0.012 0.001

SCPER 7.50 0.003 0.000

SCPER 8.50 0.000

SCPER 9.50 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 216.5 degree - to West North West *****

FTLOAD 100.13098736 1.0000 SPC 216.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94

SCPER 0.50 1.474 0.000

SCPER 1.50 11.5580.064 0.000

SCPER 2.50 24.4781.704 0.008 0.000

SCPER 3.50 23.29011.4050.733 0.018 0.000

SCPER 4.50 8.364 9.162 1.869 0.190 0.012 0.001 0.000

SCPER 5.50 1.457 2.622 0.734 0.110 0.013 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.197 0.389 0.079 0.009 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.021 0.030 0.004 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 239.0 degree - to West *****

FTLOAD 110.51447005 1.0000 SPC 239.

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.065 0.000

SCPER 1.50 8.242 0.065 0.000 0.000

SCPER 2.50 16.9101.498 0.014 0.000 0.000

SCPER 3.50 18.18310.0330.677 0.019 0.000 0.000 0.000

SCPER 4.50 9.868 12.9253.163 0.421 0.038 0.003 0.000 0.000 0.000

SCPER 5.50 2.708 6.501 2.662 0.671 0.137 0.024 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.569 1.710 0.827 0.264 0.075 0.020 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.085 0.294 0.161 0.051 0.014 0.004 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.010 0.040 0.021 0.006 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.001 0.004 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 261.5 degree - to West South West *****

FTLOAD 120.02636209 1.0000 SPC 261.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.365

SCPER 1.50 10.6610.037 0.000

SCPER 2.50 23.0940.984 0.007 0.000 0.000

SCPER 3.50 26.9637.597 0.372 0.011 0.000 0.000

SCPER 4.50 12.3727.257 1.246 0.153 0.014 0.001 0.000 0.000

SCPER 5.50 2.561 2.703 0.845 0.197 0.039 0.007 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.432 0.567 0.216 0.061 0.016 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.065 0.081 0.034 0.009 0.002 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.008 0.009 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.001 0.001 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 284. degree - to South West *****

FTLOAD 130.00349077 1.0000 SPC 284.

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.673

SCPER 1.50 13.2320.037 0.000

SCPER 2.50 28.7991.275 0.007

SCPER 3.50 30.0138.250 0.328 0.007

SCPER 4.50 9.608 4.061 0.474 0.034 0.001 0.000

SCPER 5.50 1.140 0.791 0.085 0.004 0.000

SCPER 6.50 0.105 0.063 0.002

SCPER 7.50 0.007 0.002

SCPER 8.50 0.000 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 306.5 degree - to South South West *****

FTCASE 140.00123051 1.0000 SPC 306.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.633

SCPER 1.50 12.6560.044

SCPER 2.50 29.1191.191 0.004

SCPER 3.50 30.1118.025 0.339 0.009 0.000

SCPER 4.50 9.371 4.248 0.625 0.067 0.005 0.001

SCPER 5.50 1.167 0.956 0.199 0.015 0.001

SCPER 6.50 0.097 0.098 0.007

SCPER 7.50 0.007 0.003

SCPER 8.50 0.001 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 329 degree - to South *****

FTLOAD 150.00141599 1.0000 SPC 329.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.797

SCPER 1.50 14.2020.050 0.000

SCPER 2.50 31.0681.566 0.023 0.000

SCPER 3.50 29.3698.326 0.472 0.020 0.001

SCPER 4.50 7.329 3.249 0.614 0.095 0.009 0.001

SCPER 5.50 0.688 0.678 0.220 0.035 0.003

SCPER 6.50 0.064 0.091 0.016 0.001

SCPER 7.50 0.008 0.005 0.001

SCPER 8.50 0.000 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 351.5 degree - to South South East *****

FTLOAD 160.00227034 1.0000 SPC 351.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.641

SCPER 1.50 12.8710.026 0.000

SCPER 2.50 28.5011.029 0.007 0.000

SCPER 3.50 30.8867.278 0.245 0.005

SCPER 4.50 11.3553.227 0.231 0.017 0.001

SCPER 5.50 1.714 0.547 0.070 0.007 0.001 0.000

SCPER 6.50 0.218 0.080 0.008

SCPER 7.50 0.026 0.005 0.000

SCPER 8.50 0.002

SCPER 9.50 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

*

EXTRAC HEAD AE 0.2

END

FATIGUE INPUT FOR HAMMER PEENING

FTOPT F 40. 1.0 1.0 SMWJ3 SK SK K LPUSR

FTOPT2 PTVC WS 4.0 -14.0 16.0 -190. 190. 21.75

**** TOPSIDE MEMBER ****

GRPSEL RM CL1 CL3 CL4 C02 BRC SC1 SC2 DL1 DSP DUM HG1 HG2 MZ1 MZ2

GRPSEL RM MZA MZB VN1 VN2 SLV

**** BOATLANDING MEMBER AND RISER GUARD ****

GRPSEL RM BL0 BL1 BL2 BL3 BL4 BL5 BLX BLY RG RG1

**** RISER ****

GRPSEL RM SR1 SR2 SR3 SRA SRB SRC R4 R4A R6 R6A R8 R8A

**** CONDUCTOR & WISHBONE ****

GRPSEL RM CND GD1 GD2 WB1 WB2

**** CONDUCTOR SUPPORT ****

GRPSEL RM SP1 SP2 SP3 SP5

**** SUMP CAISSON ****

GRPSEL RM SS1 SS2 SM0 SM1 SM2 SM3

**** INLINE MEMBER - PILES ****

GRPSEL RM LP1 LP2 LP3 LP4 LP5 PL1 PL2 PL3 PL4 PL5 DLA

**** INLINE MEMBER - CAISSON SLEEVE AND PILE SLEEVE ****

*GRPSEL RM SL0 SL1 SL2 SL3 SL4 SL5 SL6 SL7 SL8

*GRPSEL RM PJ0 PJ1 PJ2 PJ3 PJ4 PJ5 PJ6

**** JACKET MEMBER ****

GRPSEL RM D01 D02 D03 D04 D05 H01 H02 H03 H04 H05

SCF 3.28 3.28 1.65 1.83 3.28 3.28 1.65 1.83

JNTSEL RM SM R 1 700 702 9999

RELIEF

SEAS

***** 14.0 degree - to South East *****

FTLOAD 10.06193374 1.0000 SPC 14.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.040

SCPER 1.50 8.031 0.010 0.000
SCPER 2.50 17.8650.310 0.002 0.000
SCPER 3.50 24.9803.650 0.096 0.002 0.000
SCPER 4.50 20.0326.438 0.455 0.040 0.003 0.000 0.000
SCPER 5.50 6.926 4.225 0.710 0.122 0.023 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000
SCPER 6.50 1.628 1.608 0.412 0.112 0.036 0.013 0.004 0.001 0.000 0.000 0.000
SCPER 7.50 0.300 0.379 0.145 0.062 0.027 0.012 0.006 0.003 0.001 0.001 0.000
SCPER 8.50 0.043 0.075 0.043 0.024 0.014 0.008 0.004 0.003 0.001 0.001 0.000
SCPER 9.50 0.005 0.014 0.012 0.009 0.006 0.003 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000
SCPER 10.5 0.001 0.002 0.003 0.003 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 11.5 0.000 0.001 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 13.5 0.000 0.000 0.000
SCPER 14.5 0.000
SCWAV 18.86 20.5 22.14 23.78 25.42 27.06 28.70

SCPER 0.50
SCPER 1.50
SCPER 2.50
SCPER 3.50
SCPER 4.50
SCPER 5.50
SCPER 6.50 0.000
SCPER 7.50 0.000 0.000 0.000
SCPER 8.50 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 10.5 0.000
SCPER 11.5
SCPER 12.5
SCPER 13.5
SCPER 14.5

***** 36.5 degree - to East South East *****

FTLOAD 20.21156020 1.0000 SPC 36.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 0.971 0.000

SCPER 1.50 7.476 0.037 0.000

SCPER 2.50 16.0250.876 0.016 0.000 0.000

SCPER 3.50 18.8905.902 0.368 0.015 0.001 0.000 0.000

SCPER 4.50 13.2889.566 1.897 0.286 0.034 0.003 0.000 0.000 0.000

SCPER 5.50 4.714 6.479 2.655 0.841 0.226 0.053 0.011 0.002 0.000 0.000 0.000

SCPER 6.50 1.188 2.650 1.598 0.721 0.286 0.104 0.034 0.011 0.003 0.001 0.000

SCPER 7.50 0.235 0.725 0.587 0.317 0.142 0.060 0.026 0.010 0.004 0.002 0.001

SCPER 8.50 0.035 0.161 0.158 0.086 0.042 0.021 0.011 0.005 0.003 0.001 0.001

SCPER 9.50 0.005 0.031 0.032 0.020 0.012 0.007 0.004 0.002 0.001 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.001 0.005 0.006 0.005 0.003 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.001 0.001 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 13.5 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 14.5 0.000 0.000

SCWAV 18.86 20.5 22.14 23.78 25.42 27.06 28.70 30.34

SCPER 0.50

SCPER 1.50

SCPER 2.50

SCPER 3.50

SCPER 4.50

SCPER 5.50

SCPER 6.50 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 59.0 degree - to East *****

FTLOAD 30.03138976 1.0000 SPC 59.0
SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM
SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22
SCPER 0.50 1.401
SCPER 1.50 10.9580.052 0.000
SCPER 2.50 23.6351.358 0.012 0.000
SCPER 3.50 22.3968.654 0.526 0.016 0.000
SCPER 4.50 8.657 8.638 1.982 0.274 0.029 0.003 0.000 0.000
SCPER 5.50 2.039 3.983 1.644 0.476 0.117 0.025 0.004 0.001 0.000 0.000
SCPER 6.50 0.442 1.117 0.598 0.240 0.082 0.025 0.007 0.001 0.000 0.000 0.000
SCPER 7.50 0.080 0.210 0.141 0.062 0.020 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 8.50 0.011 0.031 0.025 0.009 0.002 0.000 0.000 0.000
SCPER 9.50 0.001 0.004 0.003 0.001 0.000 0.000
SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000 0.000
SCPER 11.5 0.000 0.000 0.000
SCPER 12.5
SCPER 13.5
SCPER 14.5

***** 81.5 degree - to East North East *****

FTLOAD 40.00331580 1.0000 SPC 81.5
SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM
SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22
SCPER 0.50 1.876
SCPER 1.50 14.823 0.058 0.000
SCPER 2.50 32.734 1.968 0.015 0.000
SCPER 3.50 26.593 9.714 0.492 0.013 0.001
SCPER 4.50 5.266 3.736 0.637 0.080 0.009 0.000
SCPER 5.50 0.541 0.859 0.246 0.046 0.010 0.001 0.000
SCPER 6.50 0.071 0.136 0.039 0.006 0.001 0.000
SCPER 7.50 0.008 0.015 0.003 0.000
SCPER 8.50 0.001 0.001 0.000
SCPER 9.50 0.000 0.000
SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 104.0 degree - to North East *****

FTLOAD 50.00108431 1.0000 SPC 104.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 2.014

SCPER 1.50 15.3830.098 0.001

SCPER 2.50 35.7952.457 0.061 0.002

SCPER 3.50 27.4518.691 0.740 0.057 0.005 0.001

SCPER 4.50 3.950 1.952 0.518 0.083 0.014 0.002 0.001

SCPER 5.50 0.204 0.331 0.081 0.009 0.001

SCPER 6.50 0.030 0.054 0.002

SCPER 7.50 0.008 0.003

SCPER 8.50 0.001 0.000

SCPER 9.50 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 126.5 degree - to North North East *****

FTLOAD 60.00088634 1.0000 SPC 126.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 2.117

SCPER 1.50 16.8320.080

SCPER 2.50 36.4112.587 0.050

SCPER 3.50 26.3478.422 0.563 0.043 0.004

SCPER 4.50 3.808 1.582 0.518 0.105 0.011 0.001 0.000

SCPER 5.50 0.157 0.268 0.066 0.005 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.007 0.013 0.002 0.000

SCPER 7.50 0.001

SCPER 8.50

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 149.0 degree - to North *****

FTLOAD 70.00069151 1.0000 SPC 149.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 2.139

SCPER 1.50 17.4200.048

SCPER 2.50 37.8231.995 0.027 0.000

SCPER 3.50 27.9417.266 0.298 0.011

SCPER 4.50 4.096 0.699 0.080 0.006 0.001

SCPER 5.50 0.117 0.029 0.001

SCPER 6.50 0.002 0.000

SCPER 7.50

SCPER 8.50

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 171.5 degree - to North North West *****

FTLOAD 80.00109841 1.0000 SPC 171.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.974

SCPER 1.50 16.3020.057 0.000

SCPER 2.50 32.6392.342 0.031 0.000

SCPER 3.50 30.5279.358 0.333 0.017

SCPER 4.50 5.145 0.894 0.117 0.020 0.002

SCPER 5.50 0.185 0.043 0.010

SCPER 6.50 0.003 0.001

SCPER 7.50

SCPER 8.50

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 194 degree - to North West *****

FTLOAD 90.00781281 1.000 SPC 194.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.02

SCPER 0.50 1.948

SCPER 1.50 15.4660.052 0.000

SCPER 2.50 32.7492.286 0.020 0.000

SCPER 3.50 30.3569.430 0.331 0.008 0.000

SCPER 4.50 5.291 1.356 0.168 0.017 0.001 0.000

SCPER 5.50 0.322 0.132 0.022 0.002 0.000

SCPER 6.50 0.026 0.012 0.001

SCPER 7.50 0.003 0.000

SCPER 8.50 0.000

SCPER 9.50 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 216.5 degree - to West North West *****

FTLOAD 100.13098736 1.0000 SPC 216.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94

SCPER 0.50 1.474 0.000

SCPER 1.50 11.5580.064 0.000

SCPER 2.50 24.4781.704 0.008 0.000

SCPER 3.50 23.29011.4050.733 0.018 0.000

SCPER 4.50 8.364 9.162 1.869 0.190 0.012 0.001 0.000

SCPER 5.50 1.457 2.622 0.734 0.110 0.013 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.197 0.389 0.079 0.009 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.021 0.030 0.004 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 239.0 degree - to West *****

FTLOAD 110.51447005 1.0000 SPC 239.

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.065 0.000

SCPER 1.50 8.242 0.065 0.000 0.000

SCPER 2.50 16.9101.498 0.014 0.000 0.000

SCPER 3.50 18.18310.0330.677 0.019 0.000 0.000 0.000

SCPER 4.50 9.868 12.9253.163 0.421 0.038 0.003 0.000 0.000 0.000

SCPER 5.50 2.708 6.501 2.662 0.671 0.137 0.024 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.569 1.710 0.827 0.264 0.075 0.020 0.005 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.085 0.294 0.161 0.051 0.014 0.004 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.010 0.040 0.021 0.006 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.001 0.004 0.002 0.001 0.000 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 12.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 261.5 degree - to West South West *****

FTLOAD 120.02636209 1.0000 SPC 261.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.365

SCPER 1.50 10.6610.037 0.000

SCPER 2.50 23.0940.984 0.007 0.000 0.000

SCPER 3.50 26.9637.597 0.372 0.011 0.000 0.000

SCPER 4.50 12.3727.257 1.246 0.153 0.014 0.001 0.000 0.000

SCPER 5.50 2.561 2.703 0.845 0.197 0.039 0.007 0.001 0.000 0.000

SCPER 6.50 0.432 0.567 0.216 0.061 0.016 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 7.50 0.065 0.081 0.034 0.009 0.002 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

SCPER 8.50 0.008 0.009 0.004 0.001 0.000 0.000

SCPER 9.50 0.001 0.001 0.000 0.000

SCPER 10.5 0.000 0.000 0.000

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 284. degree - to South West *****

FTLOAD 130.00349077 1.0000 SPC 284.

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.673

SCPER 1.50 13.2320.037 0.000

SCPER 2.50 28.7991.275 0.007

SCPER 3.50 30.0138.250 0.328 0.007

SCPER 4.50 9.608 4.061 0.474 0.034 0.001 0.000

SCPER 5.50 1.140 0.791 0.085 0.004 0.000

SCPER 6.50 0.105 0.063 0.002

SCPER 7.50 0.007 0.002

SCPER 8.50 0.000 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 306.5 degree - to South South West *****

FTCASE 140.00123051 1.0000 SPC 306.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.633

SCPER 1.50 12.6560.044

SCPER 2.50 29.1191.191 0.004

SCPER 3.50 30.1118.025 0.339 0.009 0.000

SCPER 4.50 9.371 4.248 0.625 0.067 0.005 0.001

SCPER 5.50 1.167 0.956 0.199 0.015 0.001

SCPER 6.50 0.097 0.098 0.007

SCPER 7.50 0.007 0.003

SCPER 8.50 0.001 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 329 degree - to South *****

FTLOAD 150.00141599 1.0000 SPC 329.0

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.797

SCPER 1.50 14.2020.050 0.000

SCPER 2.50 31.0681.566 0.023 0.000

SCPER 3.50 29.3698.326 0.472 0.020 0.001

SCPER 4.50 7.329 3.249 0.614 0.095 0.009 0.001

SCPER 5.50 0.688 0.678 0.220 0.035 0.003

SCPER 6.50 0.064 0.091 0.016 0.001

SCPER 7.50 0.008 0.005 0.001

SCPER 8.50 0.000 0.000

SCPER 9.50

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

***** 351.5 degree - to South South East *****

FTLOAD 160.00227034 1.0000 SPC 351.5

SCATD Z 1.0 1.0 0.01 PM

SCWAV 0.82 2.460 4.100 5.740 7.380 9.020 10.66 12.30 13.94 15.58 17.22

SCPER 0.50 1.641

SCPER 1.50 12.8710.026 0.000

SCPER 2.50 28.5011.029 0.007 0.000

SCPER 3.50 30.8867.278 0.245 0.005

SCPER 4.50 11.3553.227 0.231 0.017 0.001

SCPER 5.50 1.714 0.547 0.070 0.007 0.001 0.000

SCPER 6.50 0.218 0.080 0.008

SCPER 7.50 0.026 0.005 0.000

SCPER 8.50 0.002

SCPER 9.50 0.000

SCPER 10.5

SCPER 11.5

SCPER 12.5

SCPER 13.5

SCPER 14.5

*

EXTRAC HEAD AE 0.2

END

LAMPIRAN C
SACS Output Listing

FATIGUE ANALYSIS : PHE-12 SUPERELEMENT

***** SEFASTATF COMBINED LOAD CASE SUMMARY ***** RELATIVE TO HUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX (KIPS)	FY (KIPS)	FZ (KIPS)	MX (FT-KIPS)	MY (FT-KIPS)	MZ (FT-KIPS)
00	LIU	0.00	0.00	270.15	1299.4	796.1	0.0
01	GRUT	0.00	0.00	-3195.32	-8544.8	-7289.2	0.0
32	FT01	15.70	-0.24	-3466.41	-2210.4	-5592.2	-41.8
33	FT05	0.01	15.67	-3464.84	-4681.7	-8027.2	-29.6
34	FT09	15.72	0.10	3464.60	2260.0	10476.9	43.0
35	FT13	0.03	15.58	-3465.26	-4666.3	-8026.2	-28.9

SACS V8i SELECTseries 4 (V5.7)
PHE-12 PLATFORM

PI. Hamat Industries

DATE 06-JUN-2017 TIME 11:35:28

SACS 10-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS

MODE	FREQ.(CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD(SECS)
1	0.295557	8.9541722E+03	2.8997372E-01	3.3834456
2	0.384226	5.4118215E+03	1.7158838E-01	2.6026375
3	0.420065	1.1180211E+04	1.3701210E-01	2.3257727
4	0.498671	7.0662220E+03	1.0186186E-01	2.0053292
5	0.531688	4.5926571E+03	8.9683669E-02	1.8808007
6	0.838433	1.0435794E+03	3.6033227E-02	1.1927007
7	1.030858	1.1830553E+04	2.3836515E-02	0.9708050
8	1.188052	1.0570716E+04	2.0507527E-02	0.9017526
9	2.530806	6.4049597E+03	9.9296490E-03	0.3930735
10	2.840954	3.2891271E+03	3.1252099E-03	0.3512525
11	3.019351	9.6327890E+02	2.7785171E-03	0.3311970
12	3.127037	4.6620820E+03	2.5904445E-03	0.3107016
13	3.409613	3.6030742E+03	2.1780641E-03	0.2932804
14	3.457059	6.6928551E+02	2.1194665E-03	0.2892632
15	3.457077	5.3001183E+02	2.1187099E-03	0.2892115
16	3.458504	3.5887600E+02	2.1176960E-03	0.2891424

17	8.4946189	8.2846222E+02	2.8741641E+03	8.2861551
18	8.5588888	1.8886484E+03	2.8825628E+03	8.2816686
19	8.6258888	2.1562885E+03	1.22267728E+03	8.2758888
20	8.8897599	2.2862615E+03	1.6674227E+03	8.2565682
21	4.4678885	1.8551522E+03	1.2682928E+03	8.2282222
22	4.5281888	2.1582249E+03	1.2858851E+03	8.2218412
23	4.5716667	1.12128879E+03	1.2112679E+03	8.2187886
24	4.9116998	5.8758875E+02	1.8422718E+03	8.2185956
25	4.9186649	2.7562521E+02	1.8478844E+03	8.2188862
26	5.8881661	8.1225429E+02	1.8818978E+03	8.1988888
27	5.8896888	1.6828889E+03	8.6225229E+02	8.1858228
28	5.4842882	2.2461799E+03	8.4218727E+02	8.1828418
29	5.7198888	2.5152749E+02	2.7485677E+02	8.1748489
30	6.415482	8.2683611E+03	6.1548416E+02	8.1558729
31	6.5824888	8.8842818E+03	5.8461128E+02	8.1519195
32	7.7877977	1.8248467E+03	8.2822888E+02	8.1298868
33	8.2861889	2.2288687E+02	8.6822569E+02	8.1216889
34	8.892267	2.8798671E+02	3.2272895E+02	8.1124793
35	8.895267	2.8798718E+02	3.2012685E+02	8.1124193
36	8.895267	2.8798668E+02	3.2882695E+02	8.1124193
37	9.261593	2.8587978E+03	2.9538368E+02	8.1879728
38	9.576988	1.5342291E+03	2.7617828E+02	8.184179
39	18.178597	1.7208503E+03	2.4487663E+02	8.8980226
40	18.886468	9.6882788E+02	2.1696888E+02	8.8025372

Joint 701 - No Weld Improvement

SACS V8L SELECTCase 3 (v8.7)				PT. Manat Industries				DATE 06-JUN-2017 TIME 22:01:58 PPS PAGE 170				ID=				
END-12 FATIGUE ANALYSIS																
* * * MEMBER FATIGUE REPORT * * *																
(DAMAGE INDEX)																
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIENTATION		JNT	MEM	LENG.	CLIP + STRESS CONC. FACTORS +				FATIGUE RESULTS		REGISTERED	
				OD (IN)	WT (IN)	TYPE	TYPE	(FT)	(IN)	AX-75	RY-50	TX-PL	OD-PL	DAMAGE	LOC	MAX STRESS
701	701-702	DLA	TUD	89.75	1.875	T	IRC	87.00	8.20	8.20	1.00	1.08	1.6088700	T		60.28012
701	622-702	DLA	TUD	61.75	2.875	T	CHD	87.00	8.20	8.20	1.00	1.08	1.167227	T		85.20701
701	701-703	DLA	TUB	89.75	1.875	T	SAC	87.00	8.28	8.28	1.00	1.08	1.008594	S		194.9371
701	622-703	DLA	TUB	61.75	2.875	T	CHD	87.00	8.28	8.28	1.00	1.08	1.001568	S		194.9369

Joint 701 - Burr Grinding

SACS J01 SELECTCase 4 (v8.7)				PT. Manat Industries				DATE 06-JUN-2017 TIME 22:10:10 PPS PAGE 170							
END-12 FATIGUE ANALYSIS															
* * * MEMBER FATIGUE REPORT * * *															
(DAMAGE INDEX)															
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIENTATION	STRESS	MEM	LENG.	CLIP	STRESS CONC.	FACTORS	FATIGUE RESULTS	REGISTERED			
				OD (IN)	WT (IN)	JNT TYPE	LENG. (FT)	(IN)	AX-75	RY-50	TX-PL	OD (IN)	WT (IN)		
701	701-702	DLA	TUB	89.75	1.875	T	SAC	87.00	8.28	8.28	1.00	1.08	1.004108	I	229.7374
701	622-702	DLA	TUB	61.75	2.875	T	CHD	87.00	8.28	8.28	1.00	1.08	1.002162	I	187.0678
701	701-703	DLA	TUB	89.75	1.875	T	SAC	87.00	8.30	8.30	1.00	1.08	1.000507	S	189.1607
701	622-703	DLA	TUB	61.75	2.875	T	CHD	87.00	8.30	8.30	1.00	1.08	1.002403	S	181.7848

Joint 701 - Hammer Peening

SACS V01 SELECTseries 4 (v0.7)				PT. Manual Industries				DATE 08-JUN-2017 TIME 22:11:16				P10 PAGE 170		ID=				
PHE-12 FATIGUE ANALYSIS																		
* * * MEMBER FATIGUE REPORT * * *																		
(DAMAGE UNDER)																		
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIGINAL		CHORD		SAP * STRESS CONC. FACTORS *				FATIGUE RESULTS			REQUIRED			
ID	ID	ID	ID	OD (IN)	WT (IN)	JNT MEM TYPE	LEN (FT)	(IN)	AX-CR	AX-SJ	IN-PL	OU-PL	DAMAGE	LOC	SVC LIFE	OD (IN)	WT (IN)	
701	701-	702	EAL	TUD	89.75	1.875	I	DRC	27.00	8.20	8.20	1.60	1.08	.0018027	T	202.4608		
701	612	701	EAL	TUE	81.75	2.075	I	CHD	27.00	9.28	9.28	1.66	1.80	.0006424	T	141.2036		
701	701-	703	EAL	TUD	89.75	1.875	I	DRC	27.00	8.20	8.20	1.60	1.08	.0102986	D	2404.947		
701	612	701	EAL	TUE	81.75	2.075	I	CHD	27.00	9.28	9.28	1.66	1.80	.0241700	B	1601.608		

Joint 702-703 - No Weld Improvement

SACS V01 SELECTseries 4 (v0.7)				PT. Manual Industries				DATE 08 JUN 2017 TIME 20:40:21				ID=				
PHE-12 FATIGUE ANALYSIS												PTC PAGE 170				
* * * MEMBER FATIGUE REPORT * * *																
(DAMAGE UNDER)																
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIGINAL		CHORD		SAP * STRESS CONC. FACTORS *				REQUIRED				
ID	ID	ID	ID	OD (IN)	WT (IN)	JNT MEM TYPE	LEN (FT)	(IN) AX-CR AX-SJ IN-PL OU-PL	DAMAGE	LOC	SVC LIFE	OD (IN)	WT (IN)			
702	701-	702	EAL	TUD	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0000011	DR	79.19691
702	701-	607	EAL	TUE	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0000000	DR	56.87078

702	701-	703	EAL	TUD	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0000000	DR	704.7022
702	703-	608	EAL	TUD	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0027001	TR	808.9470

Joint 702-703 - Burr Grinding

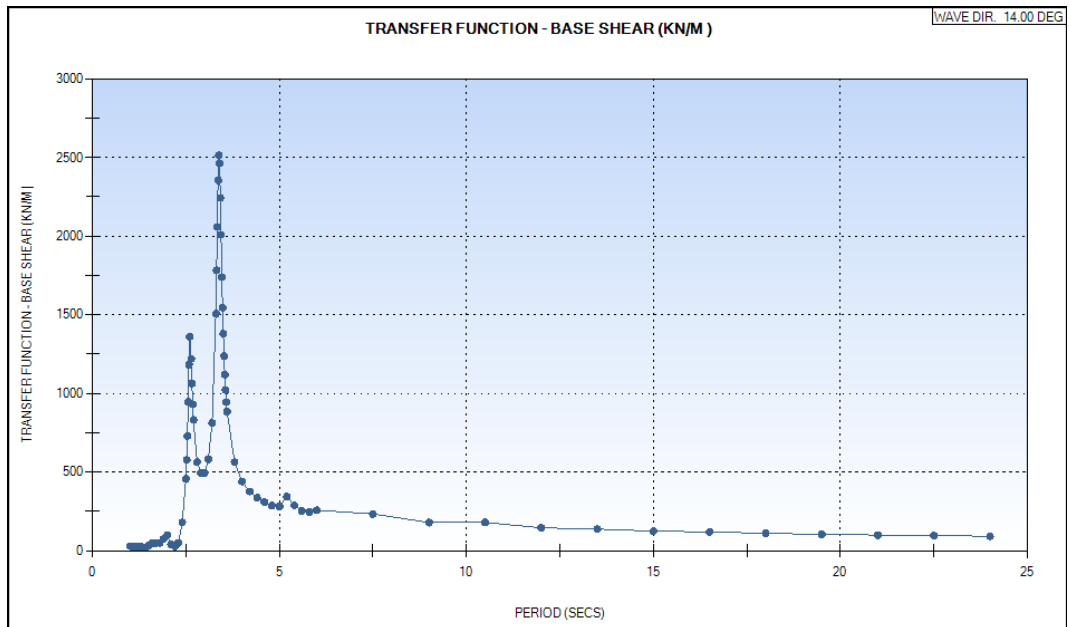
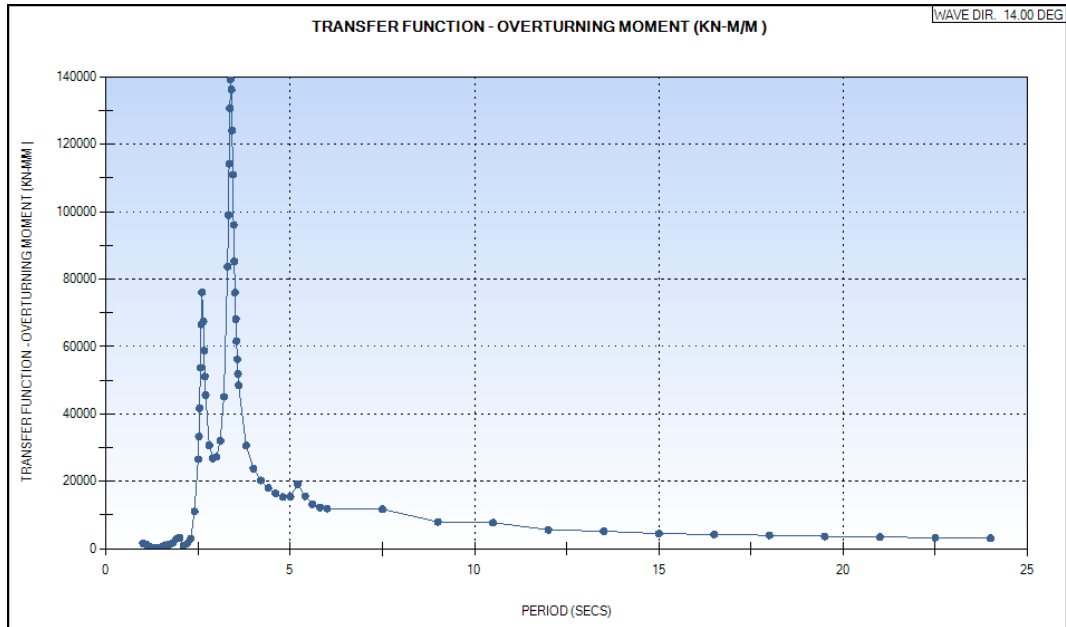
SACS V01 SELECTseries 4 (v0.7)				PT. Manay Industries				DATE 06-JUN-2017 TIME 22:15:03 PTO PAGE 170				ID=				
PHE-12 FATIGUE ANALYSIS																
* * * MEMBER FATIGUE REPORT * * *																
(DAMAGE UNDER)																
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIGINAL		CHORD		SAP * STRESS CONC. FACTORS *				FATIGUE RESULTS		REQUIRED		
ID	ID	ID	ID	OD (IN)	WT (IN)	JNT MEM TYPE	LEN (FT)	(IN) AX-CR AX-SJ IN-PL OU-PL	DAMAGE	LOC	SVC LIFE	OD (IN)	WT (IN)			
702	701	702	EAL	TUE	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0175606	DR	312.9180
702	701-	601	EAL	TUE	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0191955	DR	251.2117
702	701-	702	EAL	TUE	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0117610	TR	2127.187
702	703-	608	EAL	TUD	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0101223	TR	2430.940

Joint 702-703 - Hammer Peening

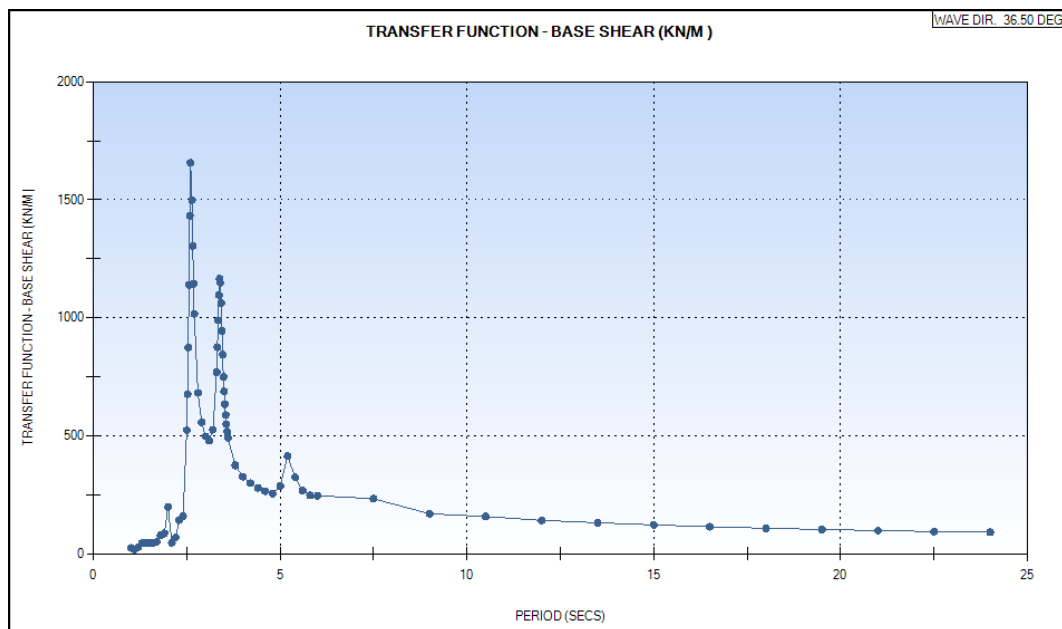
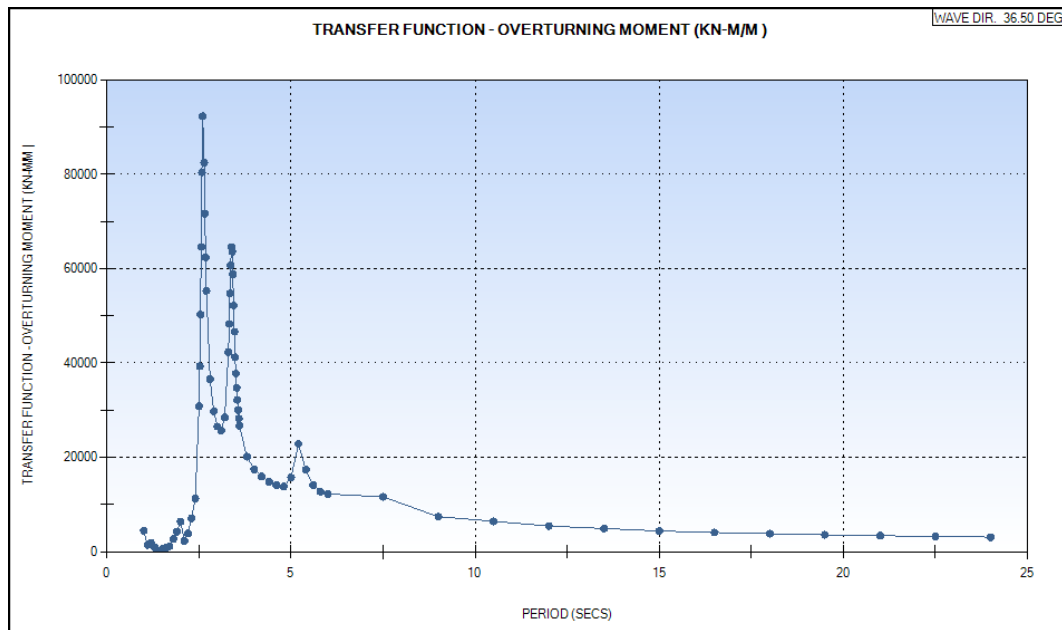
SACS V01 SELECTseries 4 (v0.7)				PT. Manual Industries				DATE 10-JUL-2017 TIME 04:42:13				PAGE 170					
PHE-12 FATIGUE ANALYSIS																	
MEMBER FATIGUE REPORT																	
(DAMAGE UNDER)																	
JOINT	MEMBER	GROUP	TYPE	ORIGINAL		CHORD		SAP * STRESS CONC. FACTORS *				FATIGUE RESULTS		REQUIRED			
ID	ID	ID	ID	OD (IN)	WT (IN)	JNT MEM TYPE	LEN (FT)	(IN)	AX-CR	AX-SJ	IN-PL	OU-PL	DAMAGE	LOC	SVC LIFE		
702	701-	702	EAL	TUD	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0490920	DR	911.8102	
702	702-	602	EAL	TUD	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.0000004	DR	720.0420	
702	701	703	EAL	TUE	89.75	1.875	Y	DRC	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.02080	2	TD	9941.130
702	703	603	EAL	TUE	41.75	1.875	Y	CHD	27.00	9.02	9.02	1.09	1.99	.03006	2	TD	7988.620

LAMPIRAN D
TRANSFER FUNCTION &
WAVE RESPONSE

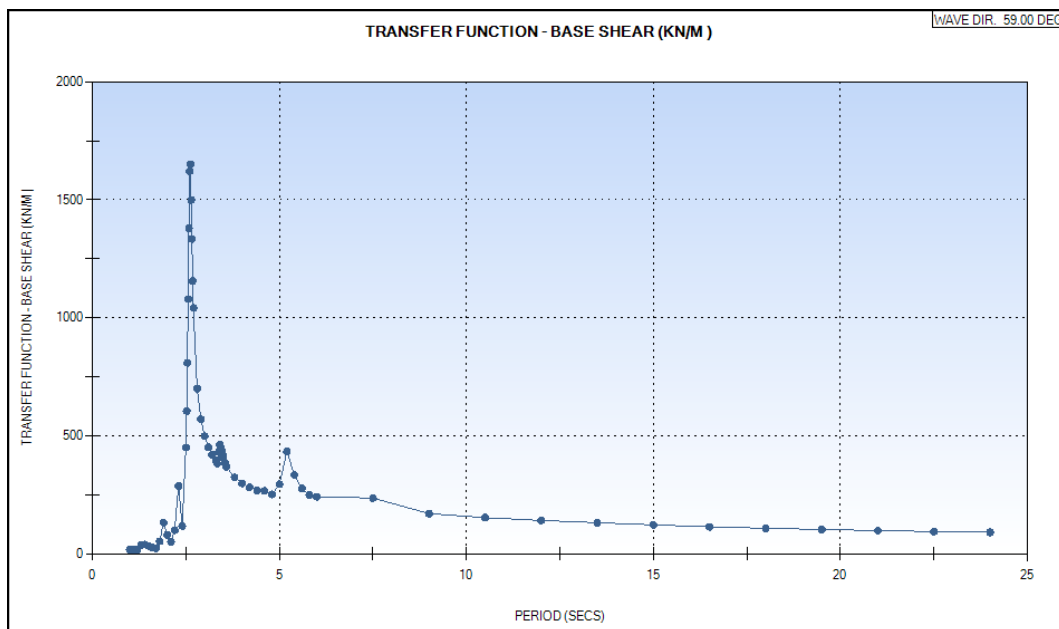
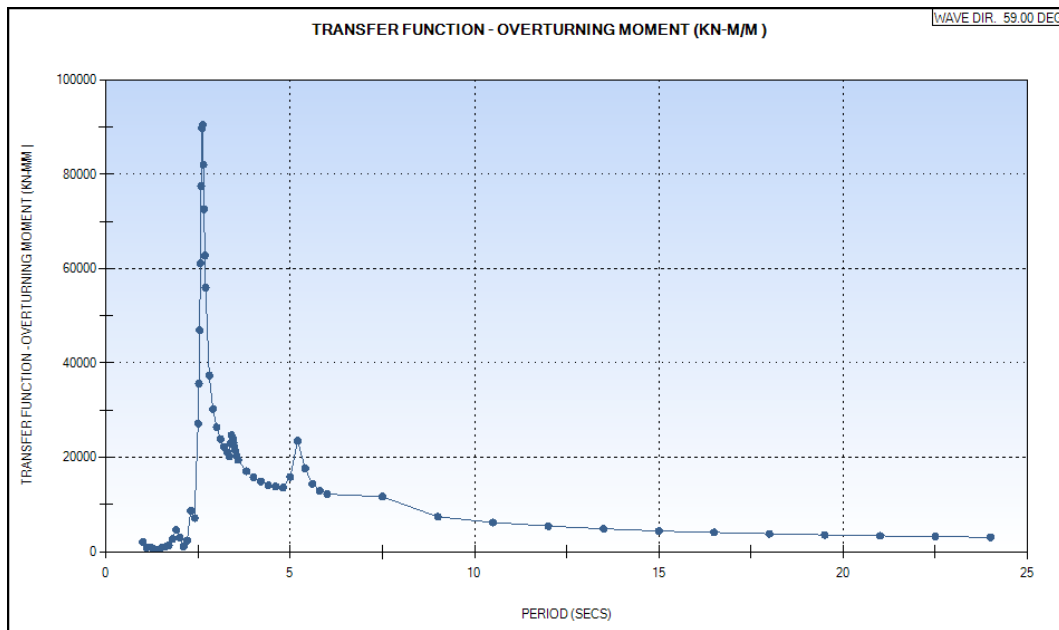
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 14 DEG



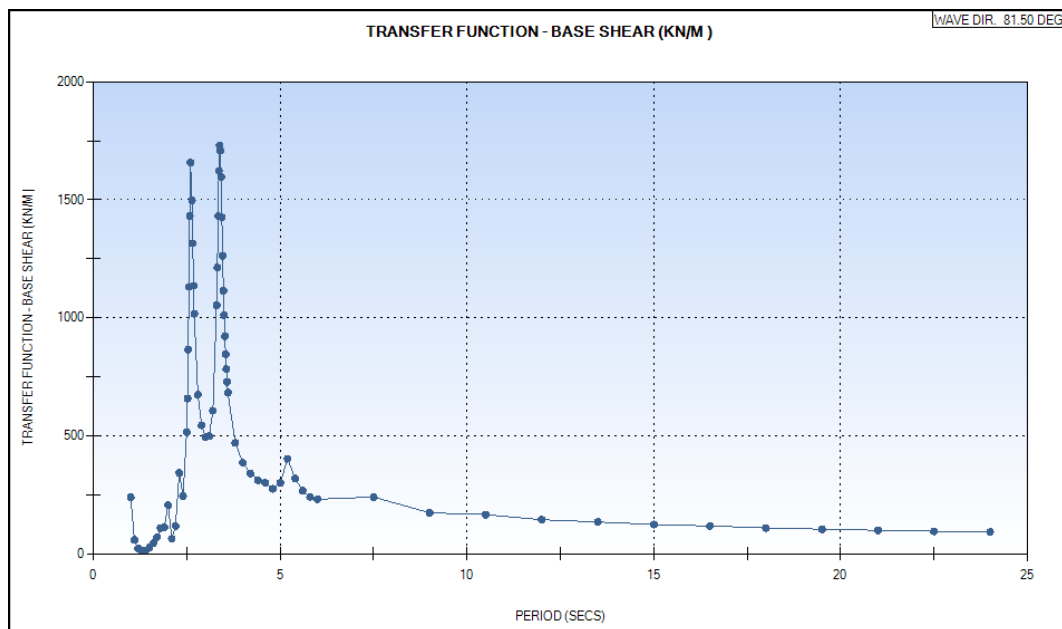
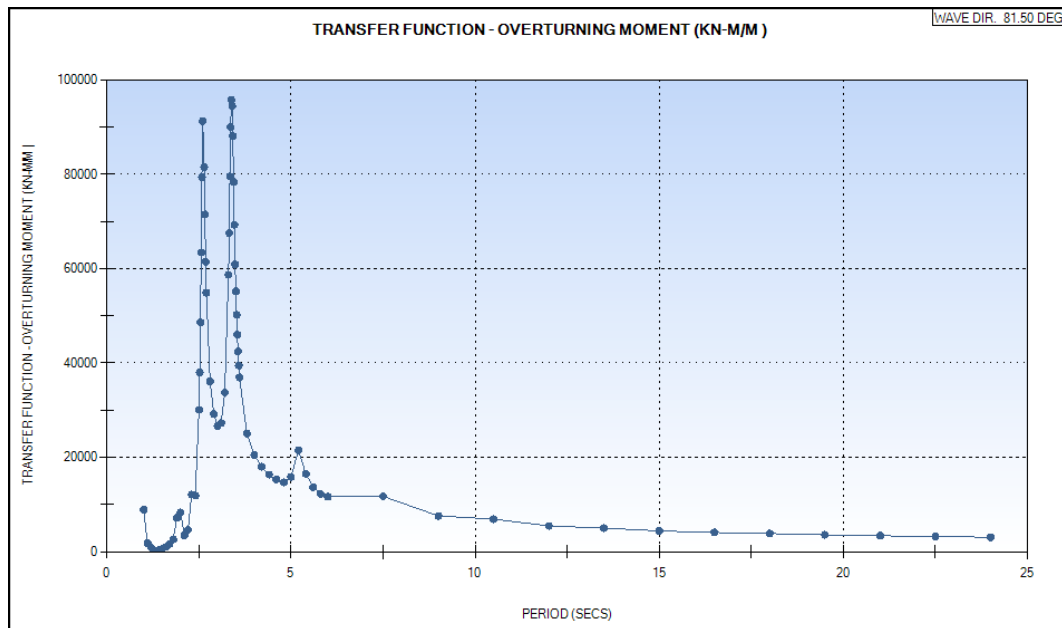
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 36.5 DEG



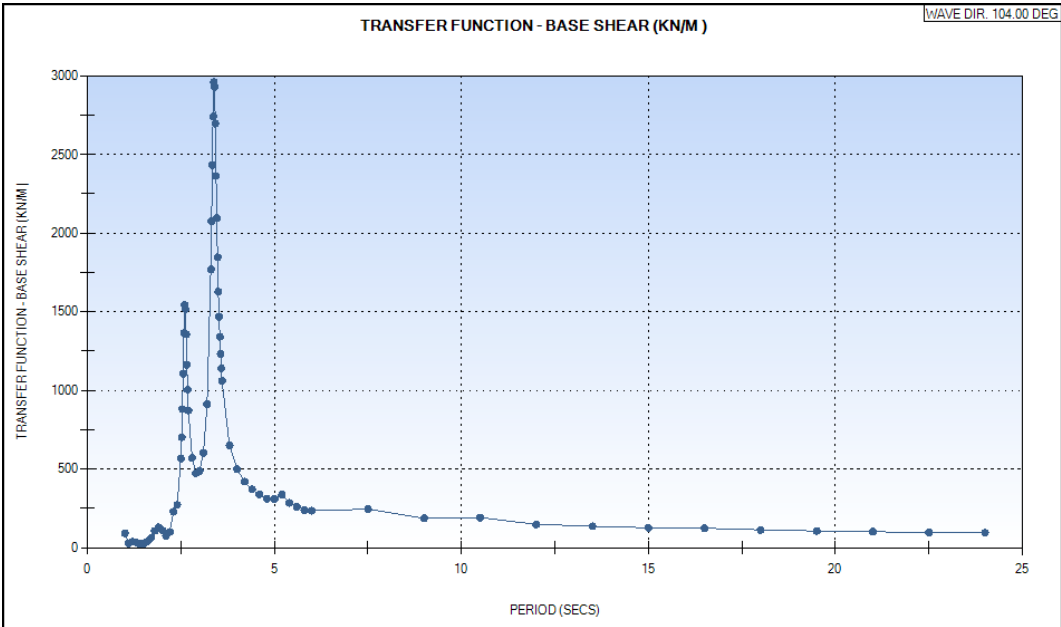
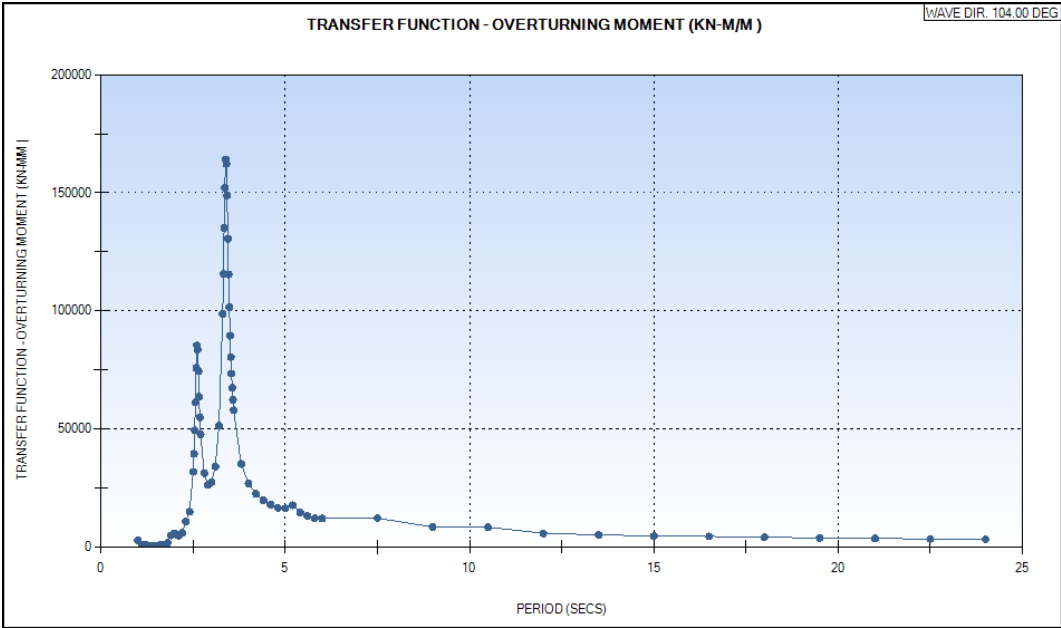
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 59 DEG



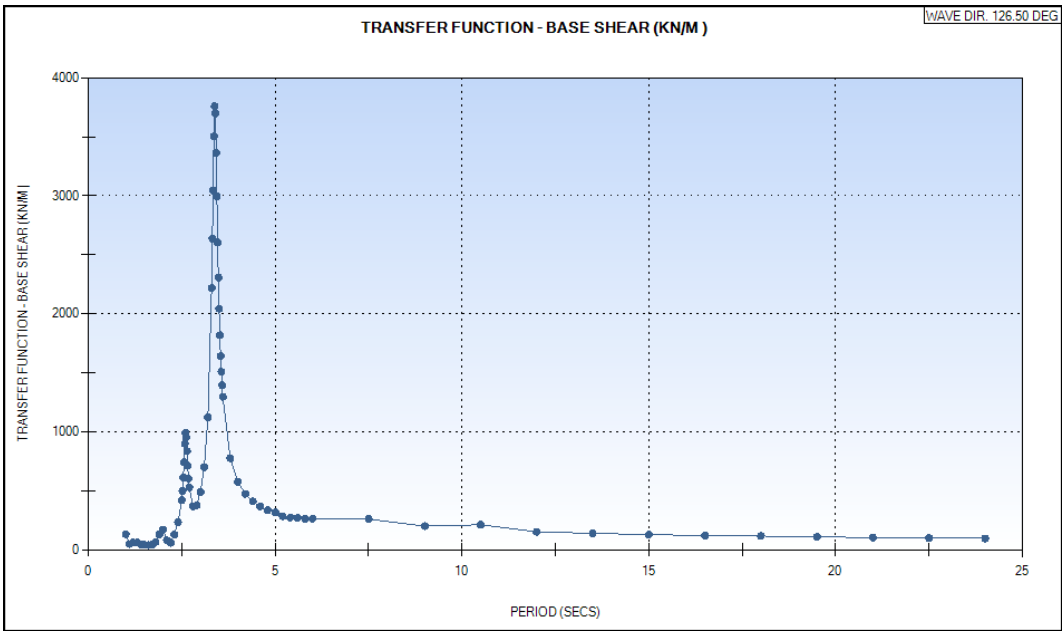
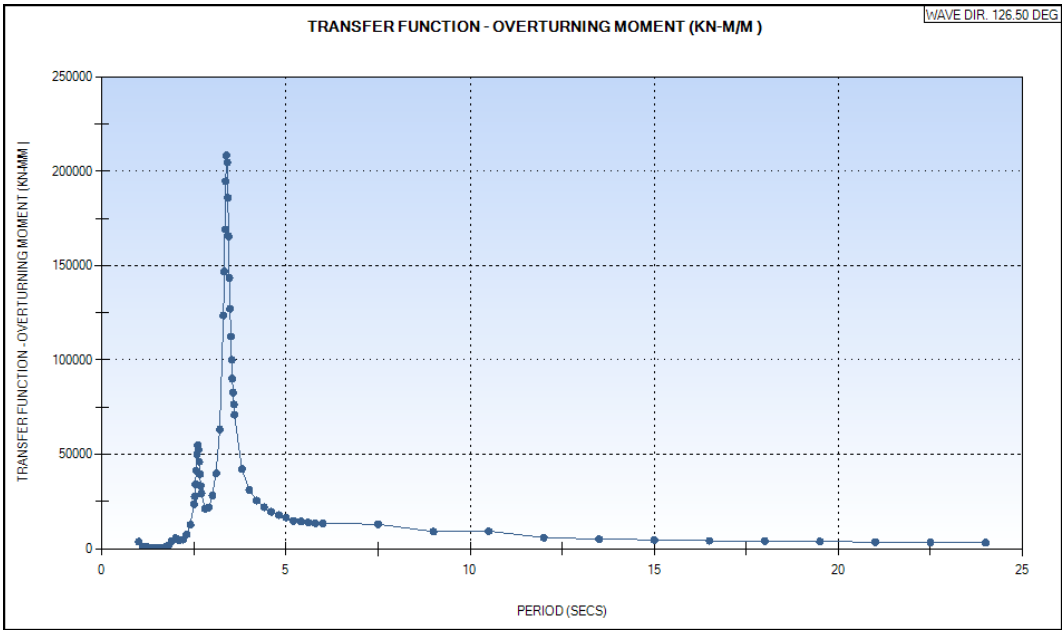
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 81.5 DEG



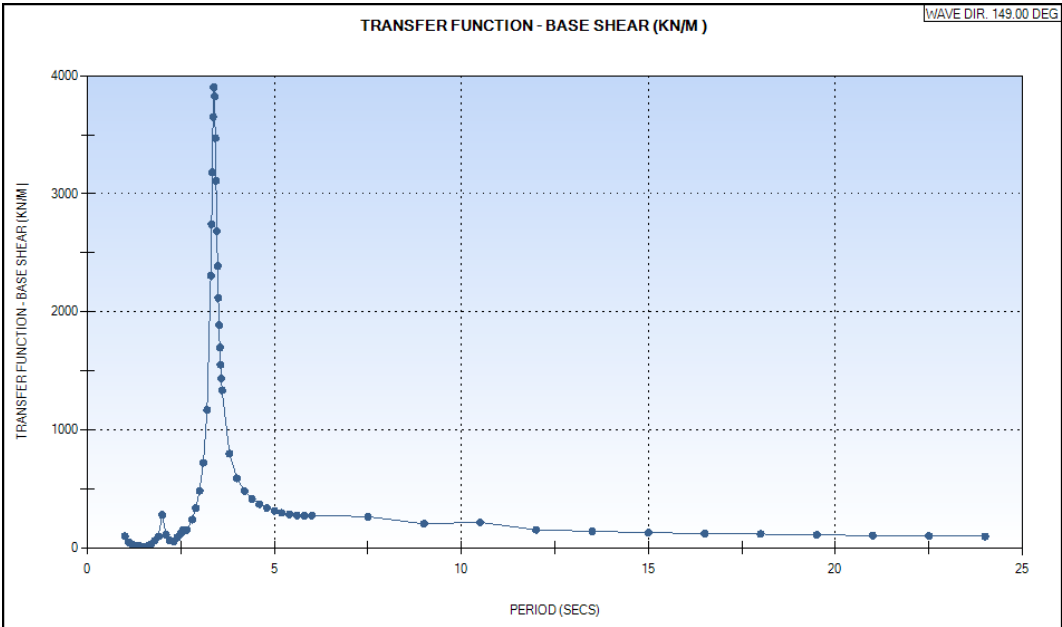
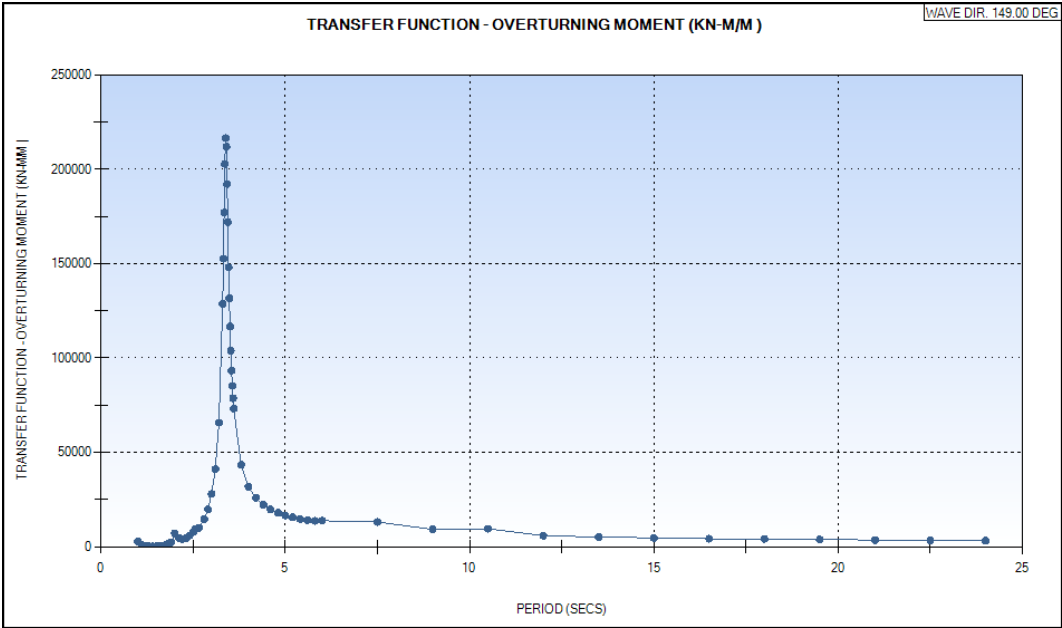
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 104 DEG



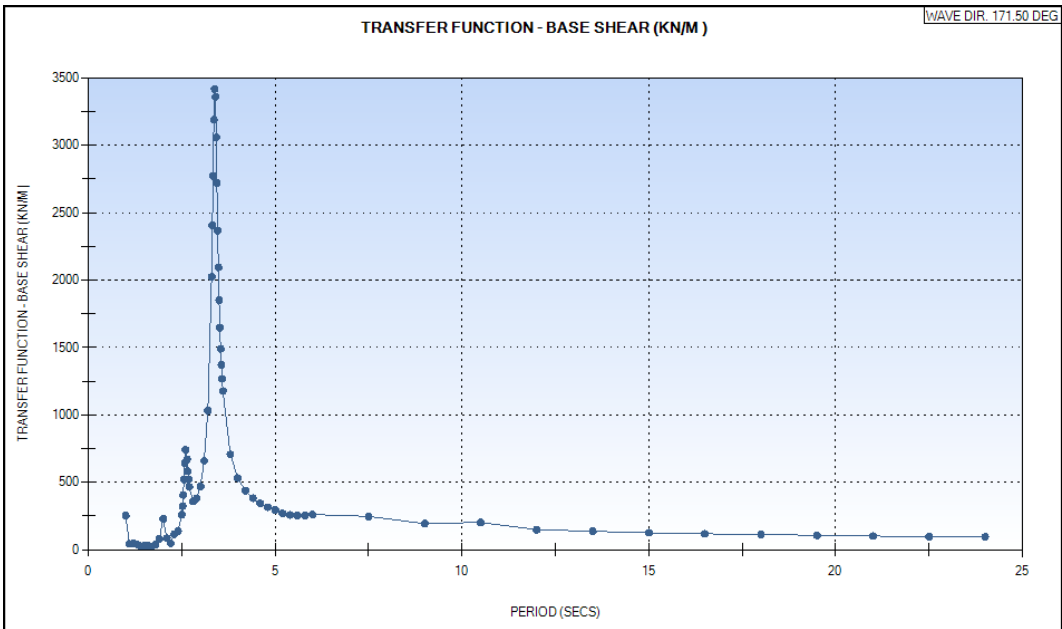
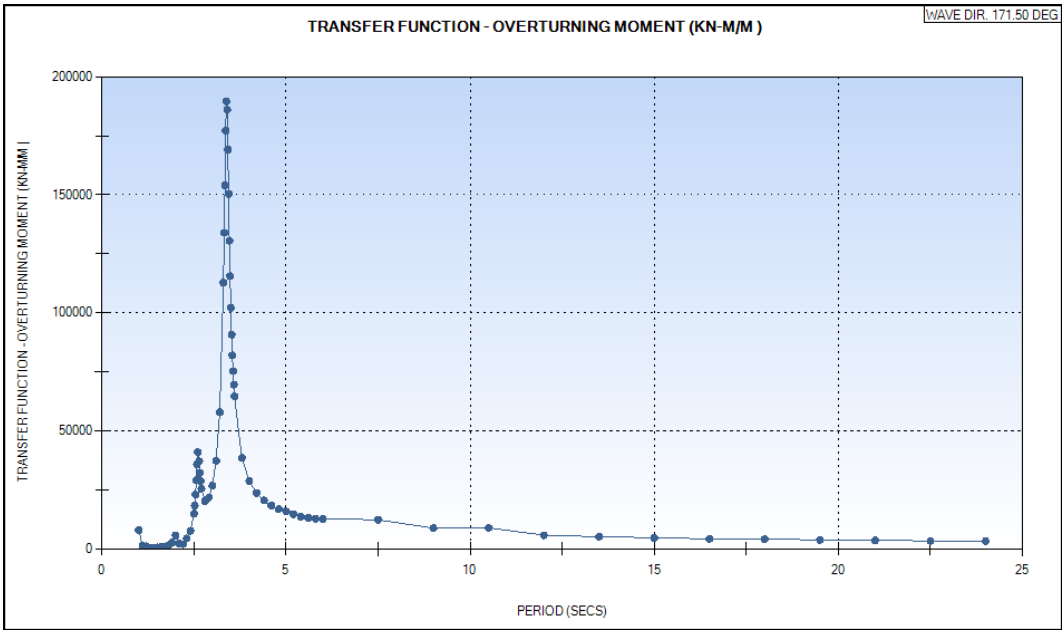
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 126.5 DEG



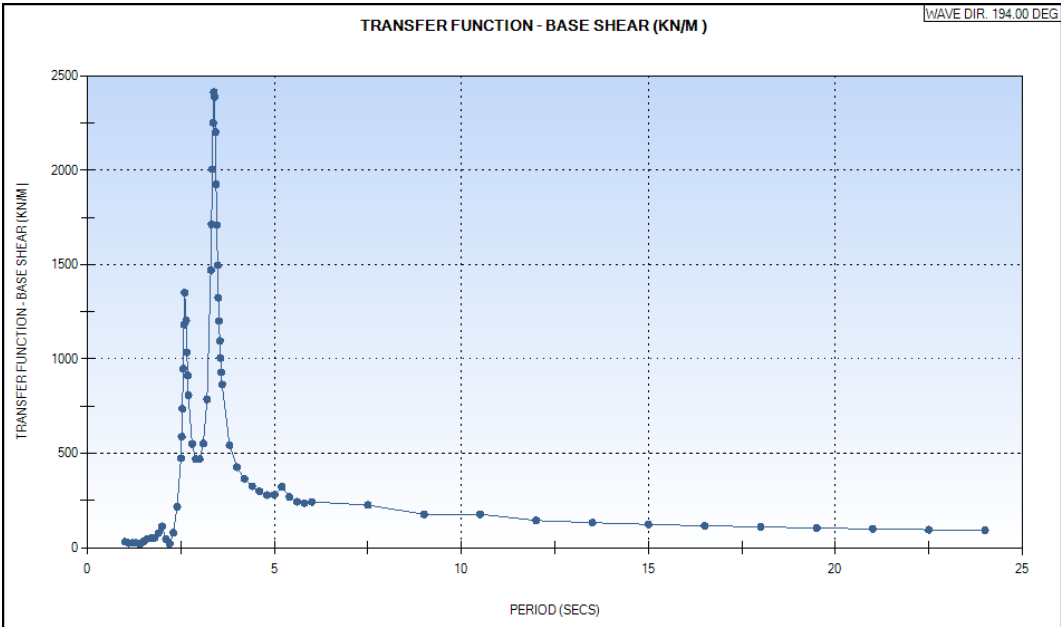
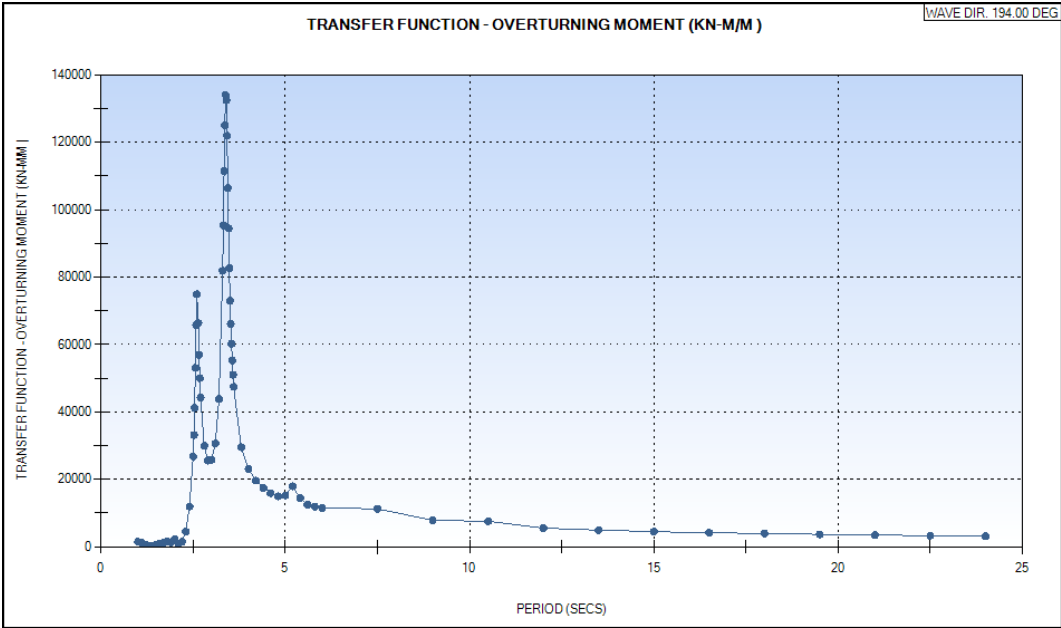
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 149 DEG



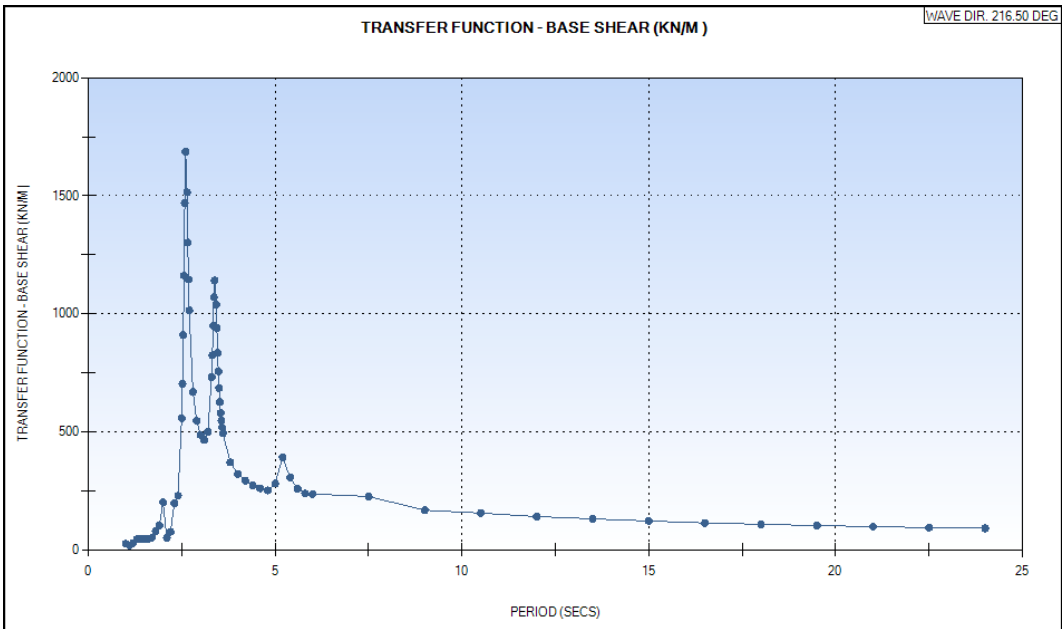
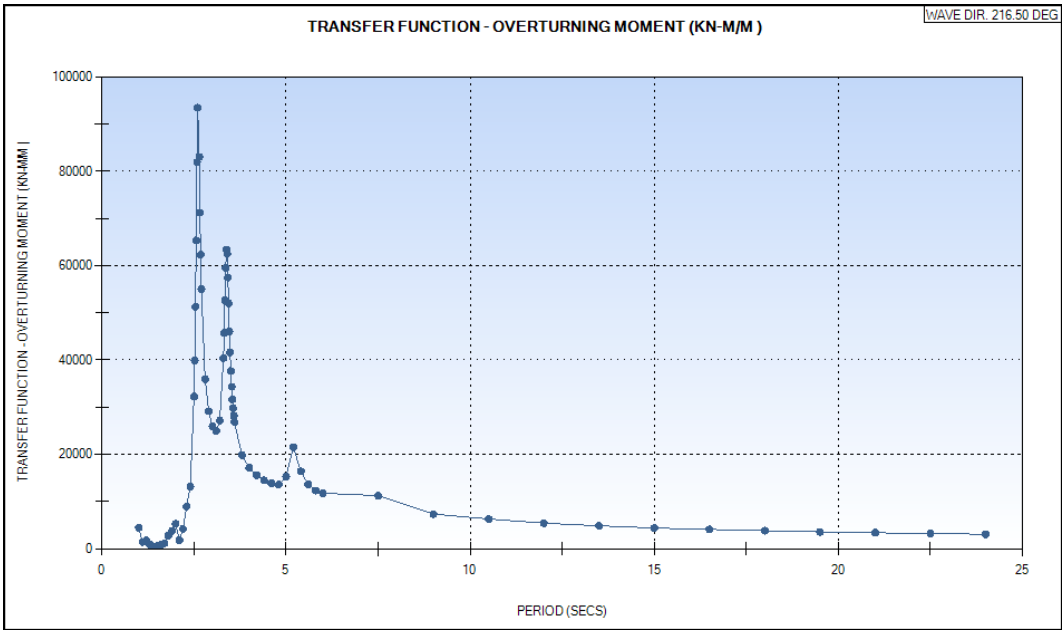
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 171.5 DEG



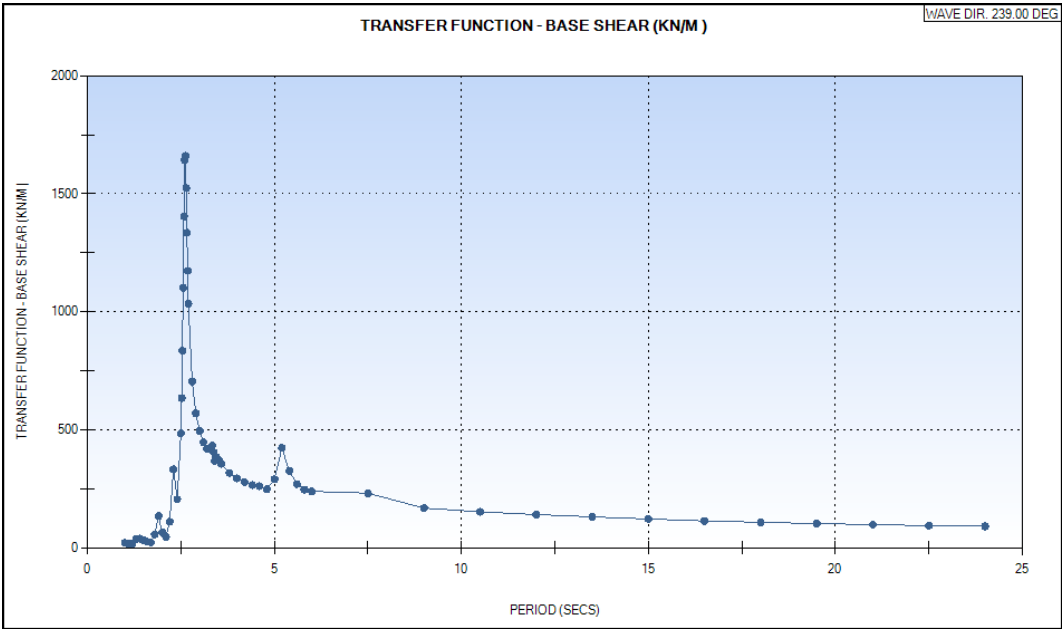
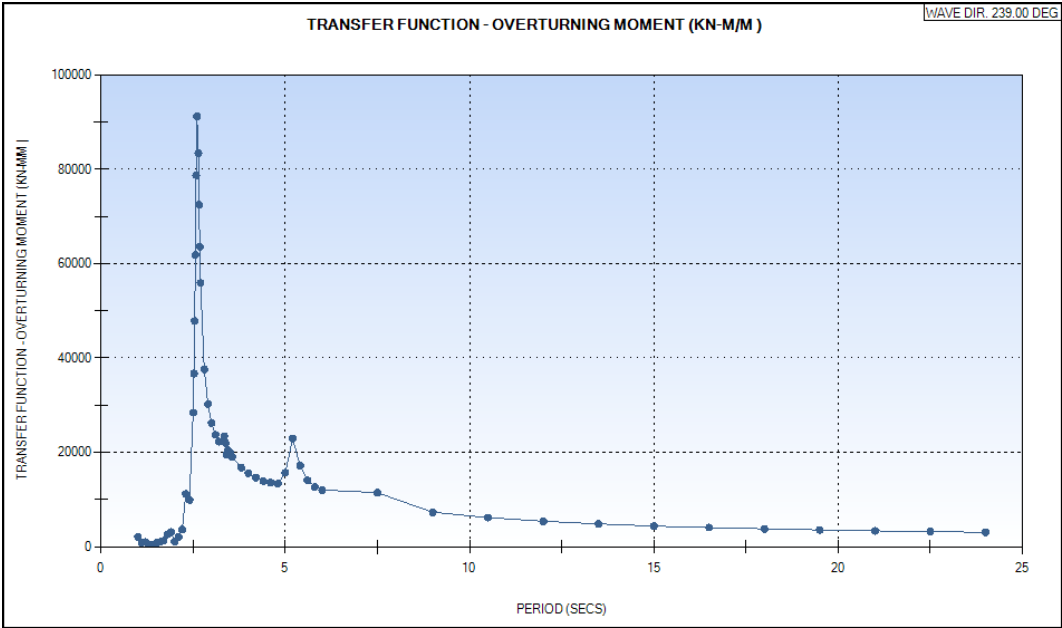
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 194 DEG



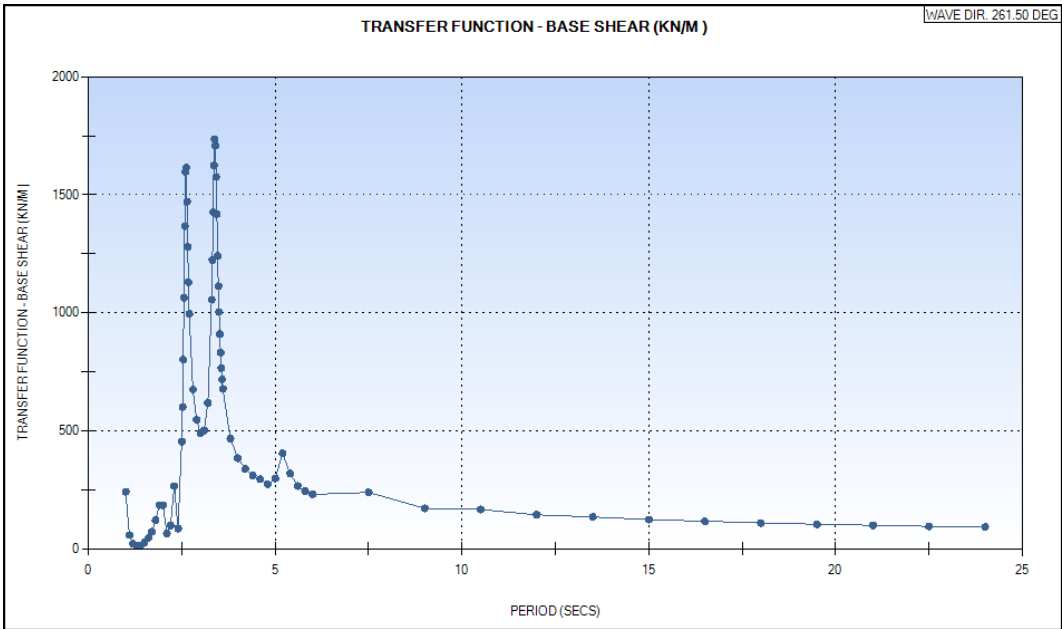
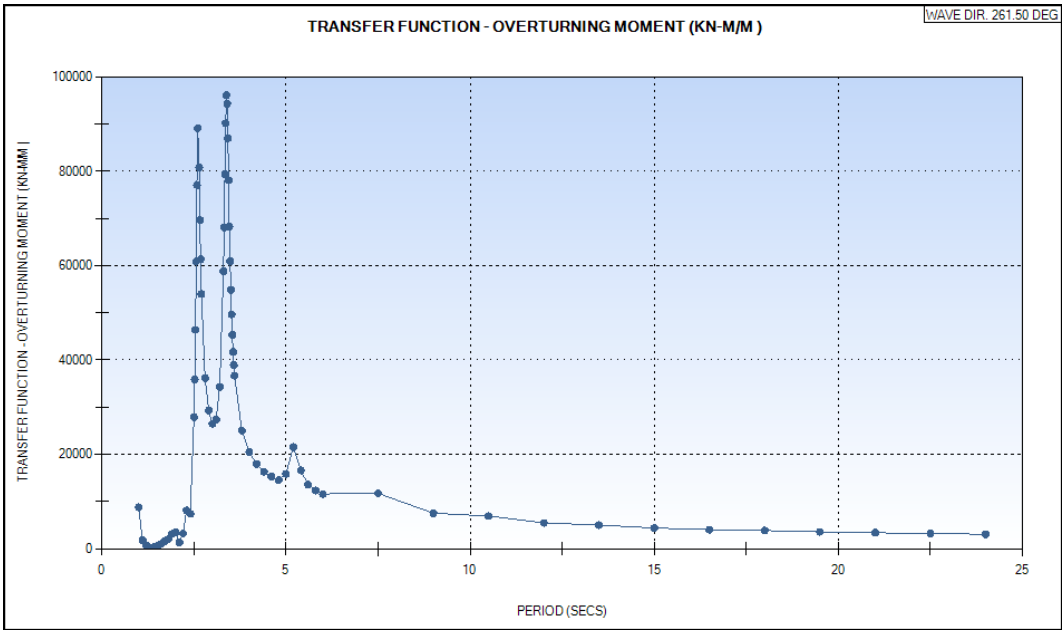
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 216.5 DEG



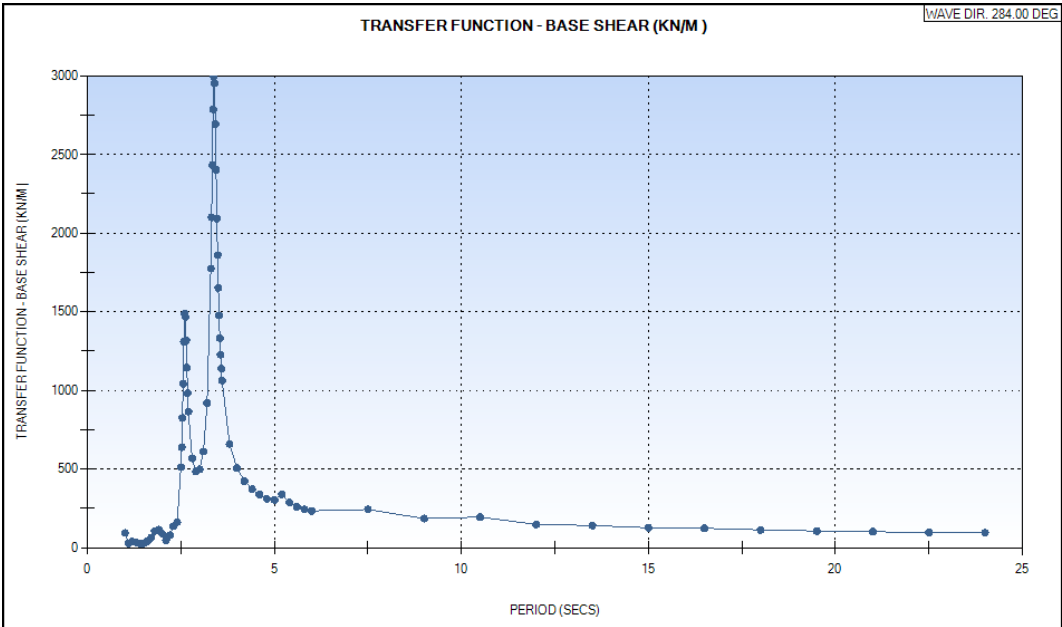
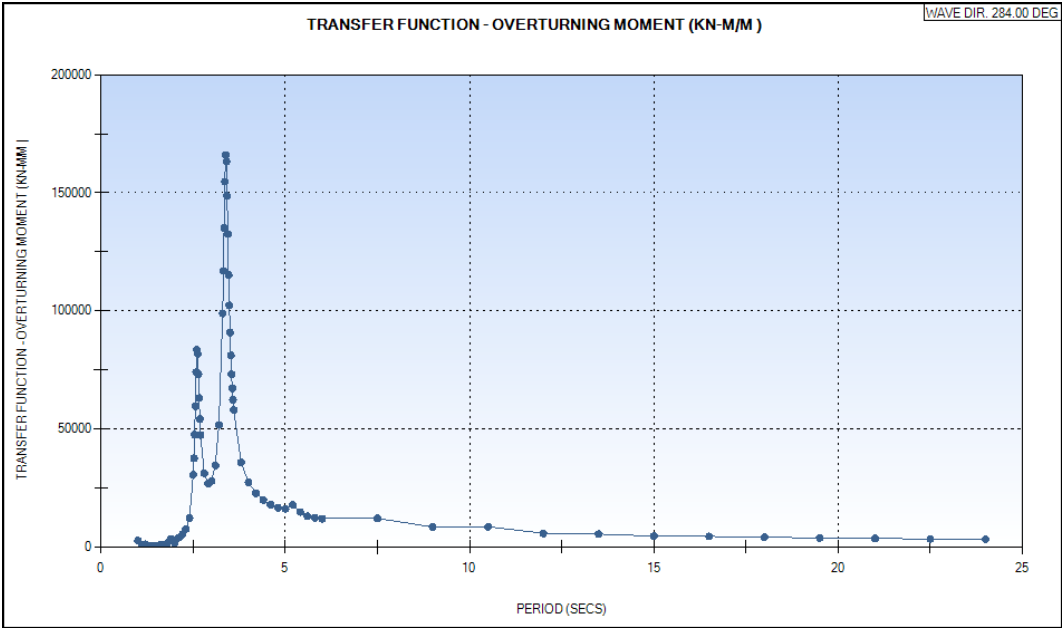
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 239 DEG



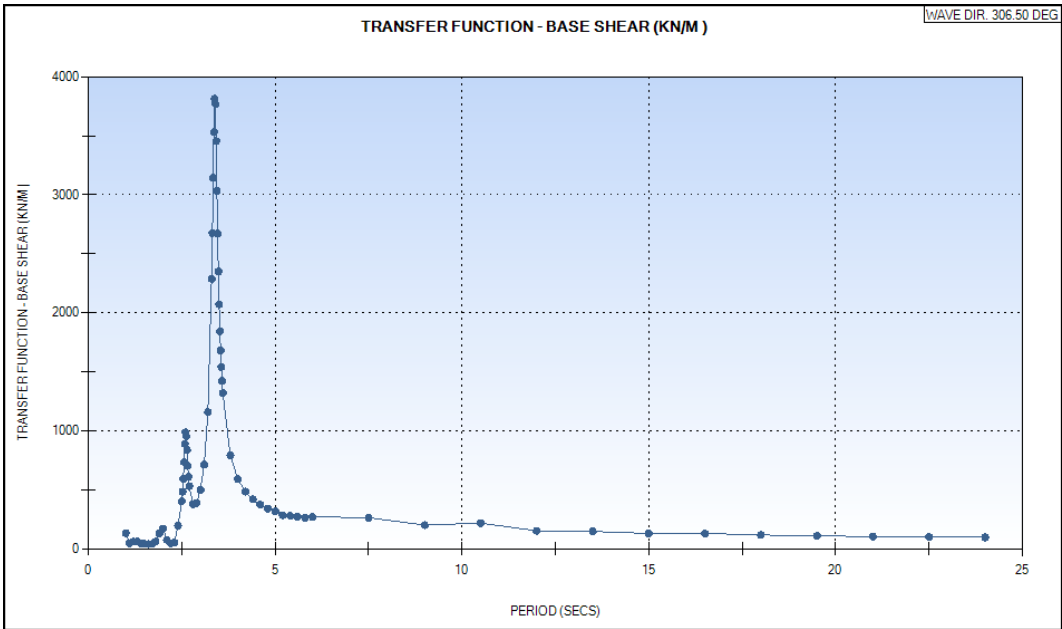
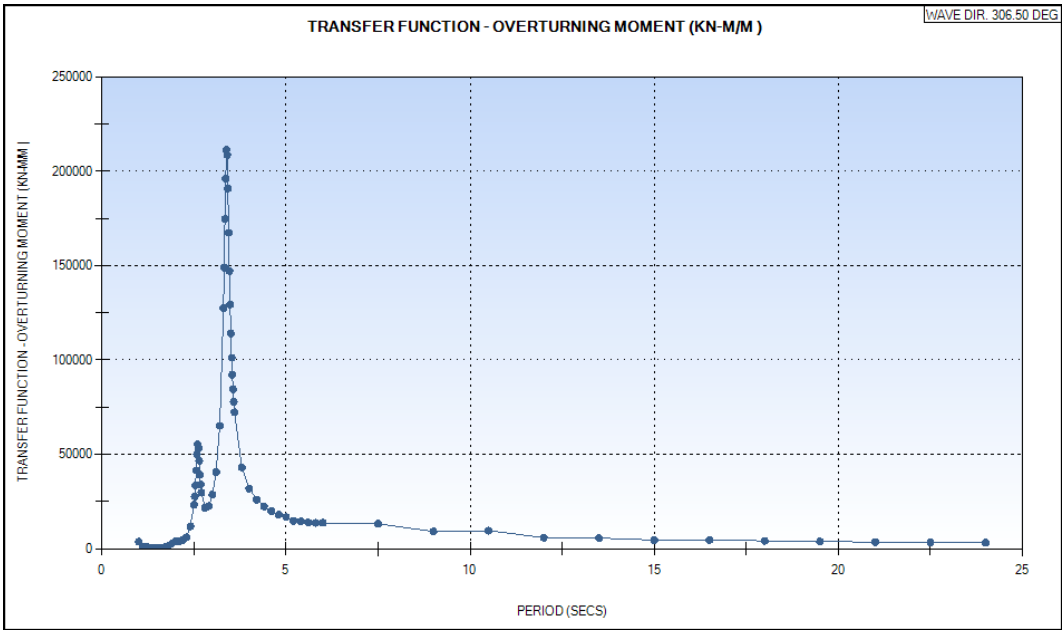
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 261.5 DEG



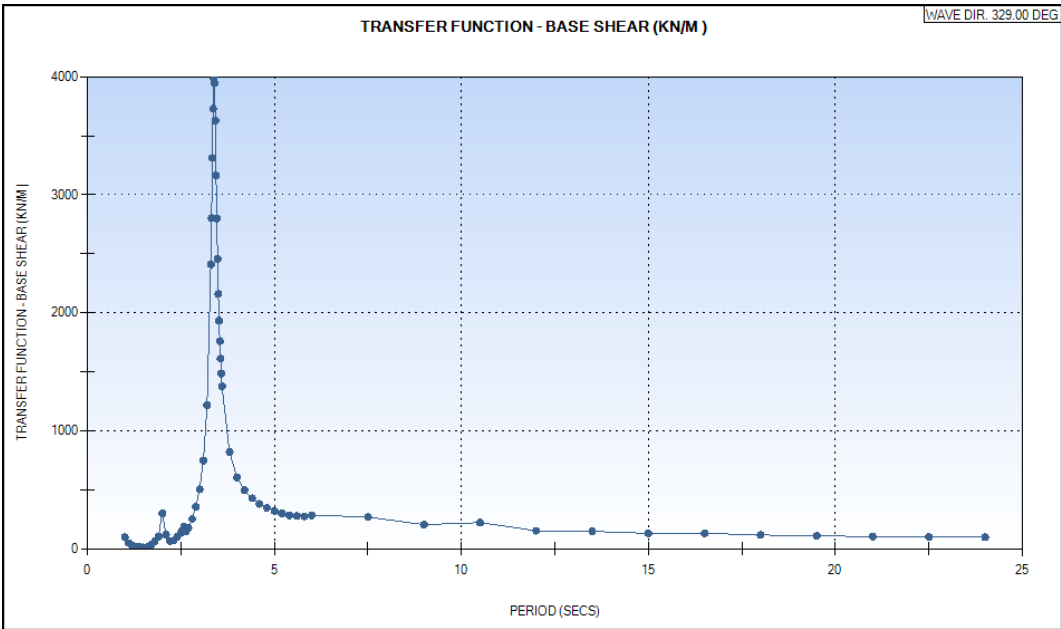
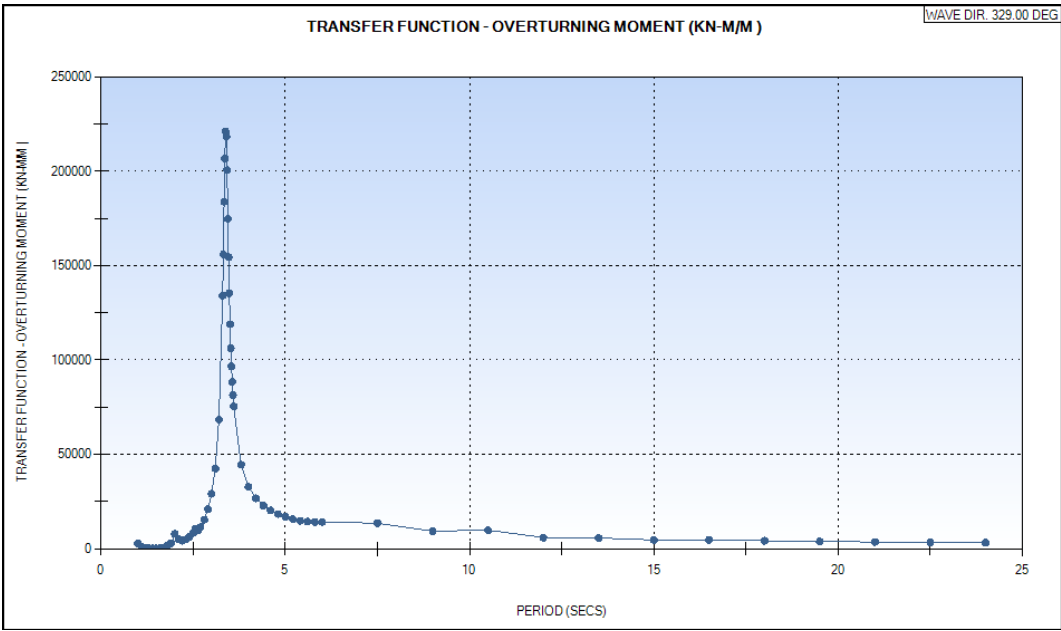
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 284 DEG



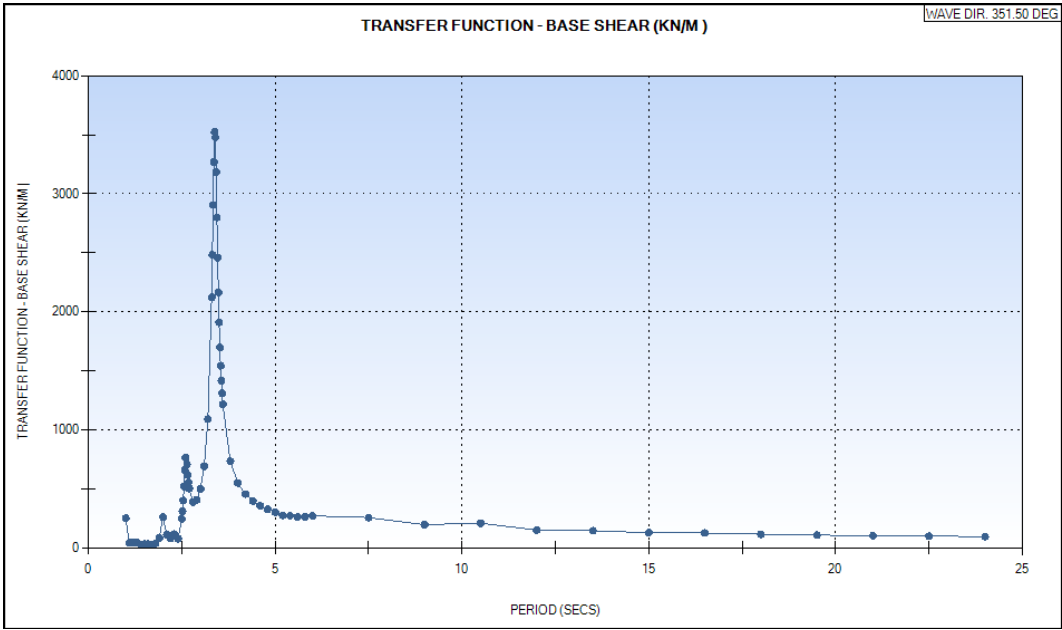
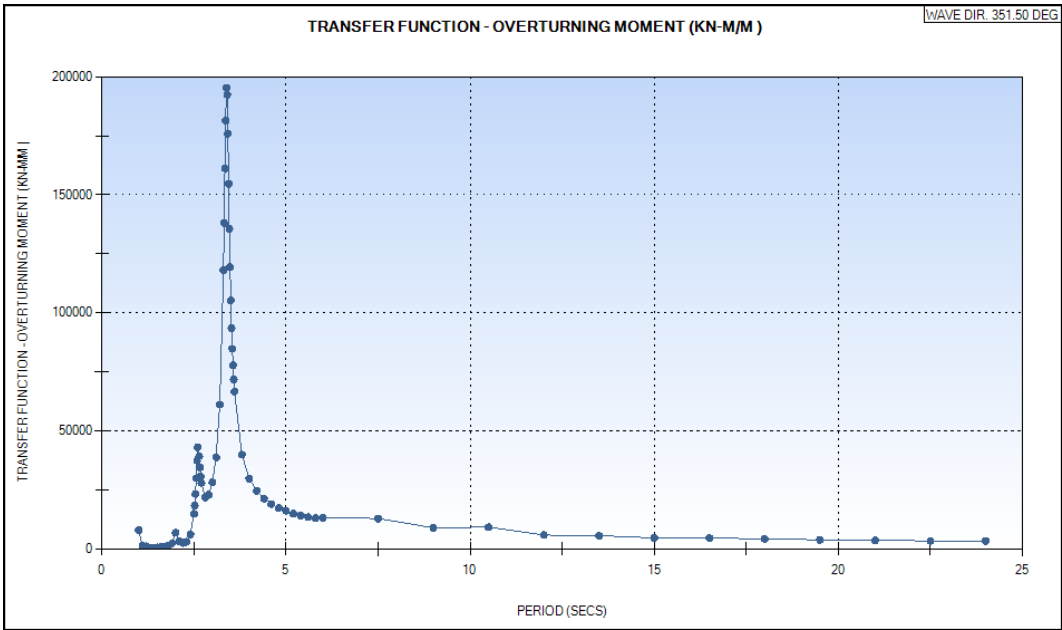
TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 306.5 DEG



TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 329 DEG





TRANSFER FUNCTION & WAVE RESPONSE 351.5 DEG





Stratum	Soil Description	Penetration (m)		Submerged Unit Weight (kN/m ³)	Undrained Shear Strength, Su (kPa)/Friction Angle, Phi (degree)	Unit Skin Friction (kPa)	Unit End Bearing (MPa)
		From	To				
1	Very soft to soft fat CLAY with sand	0.0		4.1	2	0	0.02
			3.0		4	4	0.04
2	Stiff fat CLAY	3.0		6.7	55	19	0.50
			8.0		65	30	0.59
3	Very loose well graded SAND	8.0		8.3	15°	6	0.37
			16.0			16	0.90
4	Stiff to very stiff fat CLAY	16.0		6.3	75	46	0.68
			48.0		105	91	0.95
5	Very stiff fat CLAY	48.0		6.5	130	101	1.17
			71.0		165	138	1.49
6	Hard fat CLAY	71.0		6.7	235	165	1.37
			86.0			182	1.59
7	Medium dense SAND	86.0		7.9	25°	67	2.90
			89.0				
8	Very stiff to hard fat CLAY	89.0		6.1	195	169	1.76
			119.0		245	217	2.21
9	Hard fat CLAY	119.0		7.5	245	217	2.21
			140.0		255	243	2.30

TABULATION OF DESIGN PARAMETERS PLATFORM

BH & CPTU PHE-12 PHE-12 LOCATION OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed :	13-Nov-13
	Made by :	SAK
	Checked by :	CHG
	 	

Stratum	Soil Description	Penetration (m)		Submerged Unit Weight (kN/m ³)	Undrained Shear Strength, Su (kPa)/Friction Angle, Phi (degree)	
		From	To		Lower Bound	Upper Bound
1	Very soft to soft fat CLAY with sand	0.0	3.0	4.1	1 3	3 5
2	Stiff fat CLAY	3.0	8.0	6.7	50 60	60 70
3	Very loose well graded SAND	8.0	16.0	8.3	15°	
4	Stiff to very stiff fat CLAY	16.0	48.0	6.3	70 100	80 110
5	Very stiff fat CLAY	48.0	71.0	6.5	110 150	120 160
6	Hard fat CLAY	71.0	86.0	6.7	230	240
6	Medium dense SAND	86.0	89.0	7.9	25°	
7	Very stiff to hard fat CLAY	89.0	119.0	6.1	190 240	200 250
8	Hard fat CLAY	119.0	140.0	7.5	240 250	250 260

TABULATION OF DESIGN PARAMETERS JACK-UP

BH & CPTU PHE-12 PHE-12 LOCATION OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed :	13-Nov-13
	Made by :	SAK
	Checked by :	CHG
		

CYCLIC P-Y DATA

Pile Diameter = 1422 mm

Clays : Matlock Method (1970)



Sand : Reese et al. Method (1974)

p1/p4 = mobilised soil resistance (kN/m)

y1/y4 = lateral pile deflection (mm)

Depth (m)	Soil Type	P1	Y1	P2	Y2	P3	Y3	P4	Y4	P5	Y5	P6	Y6	Su	ϵ_{50}/deg
0.0	Clay	1.96	7.11	2.82	21.33	4.27	71.10	6.14	213.30	0.00	1066.50	0.00	2133.00	2.0	2.0
0.5	Clay	3.09	7.11	4.44	21.33	6.73	71.10	9.69	213.30	0.30	1066.50	0.30	2133.00	2.3	2.0
1.0	Clay	4.26	7.11	6.12	21.33	9.27	71.10	13.35	213.30	0.83	1066.50	0.83	2133.00	2.7	2.0
1.5	Clay	5.47	7.11	7.85	21.33	11.90	71.10	17.13	213.30	1.61	1066.50	1.61	2133.00	3.0	2.0
2.0	Clay	6.72	7.11	9.64	21.33	14.61	71.10	21.03	213.30	2.63	1066.50	2.63	2133.00	3.3	2.0
2.5	Clay	8.00	7.11	11.48	21.33	17.40	71.10	25.06	213.30	3.92	1066.50	3.92	2133.00	3.7	2.0
3.0	Clay	9.33	7.11	13.38	21.33	20.28	71.10	29.20	213.30	5.47	1066.50	5.47	2133.00	4.0	2.0
3.0	Clay	76.96	3.56	110.42	10.67	167.31	35.55	240.93	106.65	45.17	533.25	45.17	1066.50	55.0	1.0
3.5	Clay	82.60	3.56	118.52	10.67	179.58	35.55	258.59	106.65	56.57	533.25	56.57	1066.50	56.0	1.0
4.0	Clay	88.36	3.56	126.78	10.67	192.09	35.55	276.61	106.65	69.15	533.25	69.15	1066.50	57.0	1.0
4.5	Clay	94.23	3.56	135.20	10.67	204.85	35.55	294.99	106.65	82.97	533.25	82.97	1066.50	58.0	1.0
5.0	Clay	100.22	3.56	143.79	10.67	217.87	35.55	313.73	106.65	98.04	533.25	98.04	1066.50	59.0	1.0
5.5	Clay	106.32	3.56	152.55	10.67	231.13	35.55	332.83	106.65	114.41	533.25	114.41	1066.50	60.0	1.0
6.0	Clay	112.54	3.56	161.47	10.67	244.65	35.55	352.30	106.65	132.11	533.25	132.11	1066.50	61.0	1.0
6.5	Clay	118.87	3.56	170.55	10.67	258.41	35.55	372.12	106.65	151.17	533.25	151.17	1066.50	62.0	1.0
7.0	Clay	125.32	3.56	179.80	10.67	272.43	35.55	392.30	106.65	171.63	533.25	171.63	1066.50	63.0	1.0
7.5	Clay	131.88	3.56	189.22	10.67	286.69	35.55	412.84	106.65	193.52	533.25	193.52	1066.50	64.0	1.0
8.0	Clay	138.56	3.56	198.80	10.67	301.21	35.55	433.74	106.65	216.87	533.25	216.87	1066.50	65.0	1.0
8.0	Sand	46.63	2.96	88.94	5.93	151.24	11.85	200.41	23.70	211.58	47.40	211.78	53.33		15°
8.5	Sand	49.64	2.96	95.25	5.93	164.78	11.85	224.65	23.70	240.52	47.40	240.87	53.33		15°
9.0	Sand	52.65	2.96	101.50	5.93	178.19	11.85	249.36	23.70	270.98	47.40	271.54	53.33		15°
9.5	Sand	55.66	2.96	107.71	5.93	191.47	11.85	274.46	23.70	302.90	47.40	303.76	53.33		15°
10.0	Sand	58.65	2.96	113.89	5.93	204.65	11.85	299.86	23.70	336.25	47.40	337.50	53.33		15°
10.5	Sand	61.65	2.96	120.04	5.93	217.73	11.85	325.50	23.70	370.95	47.40	372.72	53.33		15°
11.0	Sand	64.64	2.96	126.17	5.93	230.72	11.85	351.34	23.70	406.95	47.40	409.38	53.33		15°
11.5	Sand	67.60	2.96	132.12	5.93	242.62	11.85	373.09	23.70	436.15	47.40	439.07	53.33		15°
12.0	Sand	70.56	2.96	137.96	5.93	253.78	11.85	391.87	23.70	459.95	47.40	463.17	53.33		15°
12.5	Sand	73.51	2.96	143.80	5.93	264.93	11.85	410.60	23.70	483.73	47.40	487.27	53.33		15°
13.0	Sand	76.46	2.96	149.63	5.93	276.06	11.85	429.30	23.70	507.49	47.40	511.35	53.33		15°
13.5	Sand	79.41	2.96	155.46	5.93	287.18	11.85	447.97	23.70	531.23	47.40	535.42	53.33		15°
14.0	Sand	82.55	2.96	162.75	5.93	308.20	11.85	513.12	23.70	658.74	47.40	669.42	53.33		15°
14.5	Sand	85.50	2.96	168.56	5.93	319.21	11.85	531.45	23.70	682.26	47.40	693.32	53.33		15°
15.0	Sand	88.45	2.96	174.37	5.93	330.21	11.85	549.77	23.70	705.79	47.40	717.23	53.33		15°
15.5	Sand	91.39	2.96	180.19	5.93	341.22	11.85	568.10	23.70	729.32	47.40	741.14	53.33		15°
16.0	Sand	94.34	2.96	186.00	5.93	352.23	11.85	586.43	23.70	752.84	47.40	765.05	53.33		15°
16.0	Clay	220.77	3.56	316.75	10.67	479.93	35.55	691.09	106.65	691.09	533.25	691.09	1066.50	75.0	1.0
16.5	Clay	222.15	3.56	318.73	10.67	482.92	35.55	695.41	106.65	695.41	533.25	695.41	1066.50	75.5	1.0
17.0	Clay	223.53	3.56	320.71	10.67	485.92	35.55	699.73	106.65	699.73	533.25	699.73	1066.50	75.9	1.0
17.5	Clay	224.90	3.56	322.69	10.67	488.92	35.55	704.05	106.65	704.05	533.25	704.05	1066.50	76.4	1.0
18.0	Clay	226.28	3.56	324.67	10.67	491.92	35.55	708.37	106.65	708.37	533.25	708.37	1066.50	76.9	1.0
18.5	Clay	227.66	3.56	326.65	10.67	494.92	35.55	712.69	106.65	712.69	533.25	712.69	1066.50	77.3	1.0

P-Y DATA

1422mm (56-inch) DIAMETER CAISSON BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA PERTAMINA HULU ENERGI-WEST MADURA OFFSHORE	Date Performed :	14/11/2013
	Made by :	SAK
	Checked by :	CHG
		

CYCLIC P-Y DATA

Caisson Diame 1422 mm

Clays : Matlock Method (1970)


Sand : Reese et al. Method (1974)

p1/p4 = mobilised soil resistance (kN/m)

y1/y4 = lateral pile deflection (mm)

Depth (m)	Soil Type	P1	Y1	P2	Y2	P3	Y3	P4	Y4	P5	Y5	P6	Y6	Su	ε ₅₀ /deg
18.5	Clay	227.66	3.56	326.65	10.67	494.92	35.55	712.69	106.65	712.69	533.25	712.69	1066.50	77.3	1.0
19.0	Clay	229.04	3.56	328.63	10.67	497.92	35.55	717.01	106.65	717.01	533.25	717.01	1066.50	77.8	1.0
20.0	Clay	231.80	3.56	332.59	10.67	503.92	35.55	725.65	106.65	725.65	533.25	725.65	1066.50	78.8	1.0
21.0	Clay	234.56	3.56	336.55	10.67	509.92	35.55	734.29	106.65	734.29	533.25	734.29	1066.50	79.7	1.0
22.0	Clay	237.32	3.56	340.51	10.67	515.92	35.55	742.92	106.65	742.92	533.25	742.92	1066.50	80.6	1.0
23.0	Clay	240.08	3.56	344.47	10.67	521.92	35.55	751.56	106.65	751.56	533.25	751.56	1066.50	81.6	1.0
24.0	Clay	242.84	3.56	348.43	10.67	527.92	35.55	760.20	106.65	760.20	533.25	760.20	1066.50	82.5	1.0
25.0	Clay	245.60	3.56	352.38	10.67	533.92	35.55	768.84	106.65	768.84	533.25	768.84	1066.50	83.4	1.0
26.0	Clay	248.36	3.56	356.34	10.67	539.92	35.55	777.48	106.65	777.48	533.25	777.48	1066.50	84.4	1.0
27.0	Clay	251.12	3.56	360.30	10.67	545.91	35.55	786.12	106.65	786.12	533.25	786.12	1066.50	85.3	1.0
28.0	Clay	253.88	3.56	364.26	10.67	551.91	35.55	794.76	106.65	794.76	533.25	794.76	1066.50	86.3	1.0
29.0	Clay	256.64	3.56	368.22	10.67	557.91	35.55	803.39	106.65	803.39	533.25	803.39	1066.50	87.2	1.0
30.0	Clay	259.40	3.56	372.18	10.67	563.91	35.55	812.03	106.65	812.03	533.25	812.03	1066.50	88.1	1.0
31.0	Clay	262.16	3.56	376.14	10.67	569.91	35.55	820.67	106.65	820.67	533.25	820.67	1066.50	89.1	1.0
32.0	Clay	264.92	3.56	380.10	10.67	575.91	35.55	829.31	106.65	829.31	533.25	829.31	1066.50	90.0	1.0
33.0	Clay	267.68	3.56	384.06	10.67	581.91	35.55	837.95	106.65	837.95	533.25	837.95	1066.50	90.9	1.0
34.0	Clay	270.44	3.56	388.02	10.67	587.91	35.55	846.59	106.65	846.59	533.25	846.59	1066.50	91.9	1.0
35.0	Clay	273.20	3.56	391.98	10.67	593.91	35.55	855.23	106.65	855.23	533.25	855.23	1066.50	92.8	1.0
36.0	Clay	275.96	3.56	395.94	10.67	599.91	35.55	863.87	106.65	863.87	533.25	863.87	1066.50	93.8	1.0
37.0	Clay	278.72	3.56	399.90	10.67	605.91	35.55	872.50	106.65	872.50	533.25	872.50	1066.50	94.7	1.0
38.0	Clay	281.48	3.56	403.86	10.67	611.90	35.55	881.14	106.65	881.14	533.25	881.14	1066.50	95.6	1.0
39.0	Clay	284.24	3.56	407.82	10.67	617.90	35.55	889.78	106.65	889.78	533.25	889.78	1066.50	96.6	1.0
40.0	Clay	287.00	3.56	411.78	10.67	623.90	35.55	898.42	106.65	898.42	533.25	898.42	1066.50	97.5	1.0
41.0	Clay	289.75	3.56	415.74	10.67	629.90	35.55	907.06	106.65	907.06	533.25	907.06	1066.50	98.4	1.0
42.0	Clay	292.51	3.56	419.69	10.67	635.90	35.55	915.70	106.65	915.70	533.25	915.70	1066.50	99.4	1.0
43.0	Clay	295.27	3.56	423.65	10.67	641.90	35.55	924.34	106.65	924.34	533.25	924.34	1066.50	100.3	1.0
44.0	Clay	298.03	3.56	427.61	10.67	647.90	35.55	932.98	106.65	932.98	533.25	932.98	1066.50	101.3	1.0
45.0	Clay	300.79	3.56	431.57	10.67	653.90	35.55	941.62	106.65	941.62	533.25	941.62	1066.50	102.2	1.0
46.0	Clay	303.55	3.56	435.53	10.67	659.90	35.55	950.26	106.65	950.26	533.25	950.26	1066.50	103.1	1.0
47.0	Clay	306.31	3.56	439.49	10.67	665.90	35.55	958.90	106.65	958.90	533.25	958.90	1066.50	104.1	1.0
48.0	Clay	309.07	3.56	443.45	10.67	671.90	35.55	967.54	106.65	967.54	533.25	967.54	1066.50	105.0	1.0
48.0	Clay	382.66	1.78	549.03	5.33	831.87	17.78	831.87	53.33	831.87	266.63	831.87	533.25	130.0	0.5
71.0	Clay	485.68	1.78	696.85	5.33	1055.84	17.78	1055.84	53.33	1055.84	266.63	1055.84	533.25	165.0	0.5
71.0	Clay	691.73	1.78	992.48	5.33	1503.77	17.78	1503.77	53.33	1503.77	266.63	1503.77	533.25	235.0	0.5
86.0	Clay	691.73	1.78	992.48	5.33	1503.77	17.78	1503.77	53.33	1503.77	266.63	1503.77	533.25	235.0	0.5
86.0	Sand	1041.83	2.96	2067.34	5.93	4010.14	11.85	7181.10	23.70	10447.21	47.40	10816.85	53.33		25°
89.0	Sand	1078.20	2.96	2139.70	5.93	4151.83	11.85	7442.62	23.70	10851.15	47.40	11239.42	53.33		25°
89.0	Clay	573.99	1.78	823.55	5.33	1247.81	17.78	1247.81	53.33	1247.81	266.63	1247.81	533.25	195.0	0.5
119.0	Clay	721.17	1.78	1034.72	5.33	1567.76	17.78	1567.76	53.33	1567.76	266.63	1567.76	533.25	245.0	0.5
119.0	Clay	721.17	1.78	1034.72	5.33	1567.76	17.78	1567.76	53.33	1567.76	266.63	1567.76	533.25	245.0	0.5
140.0	Clay	750.60	1.78	1076.95	5.33	1631.75	17.78	1631.75	53.33	1631.75	266.63	1631.75	533.25	255.0	0.5

P-Y DATA

1422mm (56-inch) DIAMETER CAISSON BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA PERTAMINA HULU ENERGI-WEST MADURA OFFSHORE	Date Performed	:	14/11/2013
	Made by	:	SAK
	Checked by	:	CHG
			

PILE DIAMETER = 762mm
COMPRESSION / TENSION

DEPTH (m)	Soil type	T1 Z1	T2 Z2	T3 Z3	T4 Z4	T5 Z5	T6 Z6	T7 Z7
* T (kN/m) Z (mm) *								
0.0	clay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
3.0	clay	2.52	4.20	6.30	7.56	8.40	7.56	7.56
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
3.0	clay	13.58	22.64	33.95	40.74	45.27	40.74	40.74
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
8.0	clay	21.38	35.64	53.46	64.15	71.28	64.15	64.15
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
8.0	sand	15.47	15.47	15.47	15.47	15.47	15.47	15.47
		2.54	5.08	12.70	25.40	50.80	127.00	254.00
16.0	sand	37.89	37.89	37.89	37.89	37.89	37.89	37.89
		2.54	5.08	12.70	25.40	50.80	127.00	254.00
16.0	clay	32.94	54.90	82.35	98.82	109.80	98.82	98.82
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
48.0	clay	65.18	108.63	162.95	195.54	217.27	195.54	195.54
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
48.0	clay	72.53	120.88	181.32	217.58	241.75	217.58	217.58
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
71.0	clay	99.28	165.47	248.20	297.85	330.94	297.85	297.85
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
71.0	clay	118.48	197.47	296.21	355.45	394.95	355.45	355.45
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
86.0	clay	130.71	217.84	326.76	392.12	435.68	392.12	392.12
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
86.0	sand	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39
		2.54	5.08	12.70	25.40	50.80	127.00	254.00
89.0	sand	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39	160.39
		2.54	5.08	12.70	25.40	50.80	127.00	254.00
89.0	clay	121.54	202.57	303.85	364.62	405.13	364.62	364.62
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
119.0	clay	156.01	260.02	390.04	468.04	520.05	468.04	468.04
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
119.0	clay	156.01	260.02	390.04	468.04	520.05	468.04	468.04
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10
140.0	clay	174.68	291.13	436.70	524.04	582.26	524.04	524.04
		1.22	2.36	4.34	6.10	7.62	15.24	38.10

T-Z DATA

762mm (30-inch) DIAMETER CONDUCTOR BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	: 14/11/2013
	Made by	: SAK
	Checked by	: CHG
	PAGEO	asiangeos

PILE DIAMETER = 914mm
WALL THICKNESS = 32mm

DEPTH (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
* Q (kN) Z (mm) *								
0.0	clay	0.40 1.83	0.79 11.89	1.06 22.86	1.19 38.40	1.43 66.75	1.58 91.44	1.58 457.20
3.0	clay	0.79 1.83	1.58 11.89	2.12 22.86	2.38 38.40	2.85 66.75	3.17 91.44	3.17 457.20
3.0	clay	10.90 1.83	21.79 11.89	29.20 22.86	32.69 38.40	39.22 66.75	43.58 91.44	43.58 457.20
8.0	clay	12.88 1.83	25.75 11.89	34.51 22.86	38.63 38.40	46.35 66.75	51.50 91.44	51.50 457.20
8.0	sand	60.15 1.83	120.31 11.89	161.21 22.86	180.46 38.40	216.55 66.75	240.61 91.44	240.61 457.20
16.0	sand	147.36 1.83	294.72 11.89	394.93 22.86	442.09 38.40	530.50 66.75	589.45 91.44	589.45 457.20
16.0	clay	110.82 1.83	221.63 11.89	296.99 22.86	332.45 38.40	398.94 66.75	443.27 91.44	443.27 457.20
48.0	clay	155.14 1.83	310.29 11.89	415.79 22.86	465.43 38.40	558.52 66.75	620.57 91.44	620.57 457.20
48.0	clay	192.08 1.83	384.17 11.89	514.78 22.86	576.25 38.40	691.50 66.75	768.33 91.44	768.33 457.20
71.0	clay	243.80 1.83	487.59 11.89	653.38 22.86	731.39 38.40	877.67 66.75	975.19 91.44	975.19 457.20
71.0	clay	225.43 1.83	450.86 11.89	604.15 22.86	676.29 38.40	811.55 66.75	901.72 91.44	901.72 457.20
86.0	clay	260.54 1.83	521.07 11.89	698.24 22.86	781.61 38.40	937.93 66.75	1042.15 91.44	1042.15 457.20
86.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	clay	288.12 1.83	576.25 11.89	772.17 22.86	864.37 38.40	1037.25 66.75	1152.50 91.44	1152.50 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
140.0	clay	376.78 1.83	753.56 11.89	1009.76 22.86	1130.33 38.40	1356.40 66.75	1507.11 91.44	1507.11 457.20

Q-Z DATA

914mm (36-inch) DIAMETER PILE 32mm (1.25-inch) WALL THICKNESS BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	14/11/2013
	Made by	SAK
	Checked by	CHG
	PAGEO	asiangeos

PILE DIAMETER = 914mm
WALL THICKNESS = 38mm

DEPTH (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
* Q (kN) Z (mm) *								
0.0	clay	0.47 1.83	0.94 11.89	1.26 22.86	1.42 38.40	1.70 66.75	1.89 91.44	1.89 457.20
3.0	clay	0.94 1.83	1.89 11.89	2.53 22.86	2.83 38.40	3.40 66.75	3.78 91.44	3.78 457.20
3.0	clay	12.98 1.83	25.96 11.89	34.79 22.86	38.94 38.40	46.73 66.75	51.92 91.44	51.92 457.20
8.0	clay	15.34 1.83	30.68 11.89	41.11 22.86	46.02 38.40	55.22 66.75	61.36 91.44	61.36 457.20
8.0	sand	60.15 1.83	120.31 11.89	161.21 22.86	180.46 38.40	216.55 66.75	240.61 91.44	240.61 457.20
16.0	sand	147.36 1.83	294.72 11.89	394.93 22.86	442.09 38.40	530.50 66.75	589.45 91.44	589.45 457.20
16.0	clay	110.82 1.83	221.63 11.89	296.99 22.86	332.45 38.40	398.94 66.75	443.27 91.44	443.27 457.20
48.0	clay	155.14 1.83	310.29 11.89	415.79 22.86	465.43 38.40	558.52 66.75	620.57 91.44	620.57 457.20
48.0	clay	192.08 1.83	384.17 11.89	514.78 22.86	576.25 38.40	691.50 66.75	768.33 91.44	768.33 457.20
71.0	clay	243.80 1.83	487.59 11.89	653.38 22.86	731.39 38.40	877.67 66.75	975.19 91.44	975.19 457.20
71.0	clay	225.43 1.83	450.86 11.89	604.15 22.86	676.29 38.40	811.55 66.75	901.72 91.44	901.72 457.20
86.0	clay	260.54 1.83	521.07 11.89	698.24 22.86	781.61 38.40	937.93 66.75	1042.15 91.44	1042.15 457.20
86.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	clay	288.12 1.83	576.25 11.89	772.17 22.86	864.37 38.40	1037.25 66.75	1152.50 91.44	1152.50 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
140.0	clay	376.78 1.83	753.56 11.89	1009.76 22.86	1130.33 38.40	1356.40 66.75	1507.11 91.44	1507.11 457.20

Q-Z DATA

914mm (36-inch) DIAMETER PILE 38mm (1.50-inch) WALL THICKNESS BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	14/11/2013
	Made by	SAK
	Checked by	CHG
	PAGEO	asiangeos

PILE DIAMETER = 914mm
WALL THICKNESS = 51mm

DEPTH (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
* Q (kN) Z (mm) *								
0.0	clay	0.62 1.83	1.24 11.89	1.66 22.86	1.86 38.40	2.23 66.75	2.48 91.44	2.48 457.20
3.0	clay	1.24 1.83	2.48 11.89	3.32 22.86	3.72 38.40	4.47 66.75	4.96 91.44	4.96 457.20
3.0	clay	17.06 1.83	34.11 11.89	45.71 22.86	51.17 38.40	61.40 66.75	68.22 91.44	68.22 457.20
8.0	clay	20.16 1.83	40.31 11.89	54.02 22.86	60.47 38.40	72.56 66.75	80.63 91.44	80.63 457.20
8.0	sand	60.15 1.83	120.31 11.89	161.21 22.86	180.46 38.40	216.55 66.75	240.61 91.44	240.61 457.20
16.0	sand	147.36 1.83	294.72 11.89	394.93 22.86	442.09 38.40	530.50 66.75	589.45 91.44	589.45 457.20
16.0	clay	110.82 1.83	221.63 11.89	296.99 22.86	332.45 38.40	398.94 66.75	443.27 91.44	443.27 457.20
48.0	clay	155.14 1.83	310.29 11.89	415.79 22.86	465.43 38.40	558.52 66.75	620.57 91.44	620.57 457.20
48.0	clay	192.08 1.83	384.17 11.89	514.78 22.86	576.25 38.40	691.50 66.75	768.33 91.44	768.33 457.20
71.0	clay	243.80 1.83	487.59 11.89	653.38 22.86	731.39 38.40	877.67 66.75	975.19 91.44	975.19 457.20
71.0	clay	225.43 1.83	450.86 11.89	604.15 22.86	676.29 38.40	811.55 66.75	901.72 91.44	901.72 457.20
86.0	clay	260.54 1.83	521.07 11.89	698.24 22.86	781.61 38.40	937.93 66.75	1042.15 91.44	1042.15 457.20
86.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	sand	476.10 1.83	952.20 11.89	1275.95 22.86	1428.31 38.40	1713.97 66.75	1904.41 91.44	1904.41 457.20
89.0	clay	288.12 1.83	576.25 11.89	772.17 22.86	864.37 38.40	1037.25 66.75	1152.50 91.44	1152.50 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
119.0	clay	362.00 1.83	724.00 11.89	970.17 22.86	1086.01 38.40	1303.21 66.75	1448.01 91.44	1448.01 457.20
140.0	clay	376.78 1.83	753.56 11.89	1009.76 22.86	1130.33 38.40	1356.40 66.75	1507.11 91.44	1507.11 457.20

Q-Z DATA

914mm (36-inch) DIAMETER PILE 51mm (2.00-inch) WALL THICKNESS BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	14/11/2013
	Made by	SAK
	Checked by	CHG
	PAGEO	asiangeos

PILE DIAMETER = 1422mm
WALL THICKNESS = 32mm

DEPTH (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
* Q (kN) Z (mm) *								
0.0	clay	0.62	1.25	1.67	1.87	2.25	2.50	2.50
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
3.0	clay	1.25	2.50	3.35	3.75	4.49	4.99	4.99
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
3.0	clay	17.17	34.33	46.00	51.50	61.80	68.66	68.66
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
8.0	clay	20.29	40.57	54.37	60.86	73.03	81.15	81.15
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
8.0	sand	12.71	25.41	34.05	38.12	45.74	50.82	50.82
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
16.0	sand	31.13	62.25	83.42	93.38	112.06	124.51	124.51
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
16.0	clay	23.41	46.82	62.73	70.22	84.27	93.63	93.63
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
17.0	clay	271.50	543.00	727.62	814.50	977.41	1086.01	1086.01
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
48.0	clay	375.41	750.82	1006.10	1126.23	1351.47	1501.64	1501.64
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
48.0	clay	464.79	929.59	1245.64	1394.38	1673.25	1859.17	1859.17
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
71.0	clay	589.93	1179.86	1581.01	1769.79	2123.74	2359.72	2359.72
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
71.0	clay	545.48	1090.97	1461.90	1636.45	1963.74	2181.94	2181.94
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
86.0	clay	630.43	1260.87	1689.56	1891.30	2269.56	2521.73	2521.73
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
86.0	sand	1152.05	2304.10	3087.49	3456.15	4147.38	4608.20	4608.20
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
89.0	sand	1152.05	2304.10	3087.49	3456.15	4147.38	4608.20	4608.20
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
89.0	clay	697.19	1394.38	1868.47	2091.57	2509.88	2788.76	2788.76
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
119.0	clay	875.96	1751.91	2347.56	2627.87	3153.44	3503.82	3503.82
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
119.0	clay	875.96	1751.91	2347.56	2627.87	3153.44	3503.82	3503.82
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20
140.0	clay	911.71	1823.42	2443.38	2735.13	3282.15	3646.83	3646.83
		2.84	18.49	35.56	59.74	103.84	142.24	711.20

Q-Z DATA

1422mm (56-inch) DIAMETER CAISSON 32mm (1.25-inch) WALL THICKNESS BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	14/11/2013
	Made by	SAK
	Checked by	CHG
	PAGEO	asiangeos

PILE DIAMETER = 1422mm
WALL THICKNESS = 38mm

DEPTH (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
* Q (kN) Z (mm) *								
0.0	clay	0.75 2.84	1.49 18.49	2.00 35.56	2.24 59.74	2.68 103.84	2.98 142.24	2.98 711.20
3.0	clay	1.49 2.84	2.98 18.49	4.00 35.56	4.47 59.74	5.37 103.84	5.96 142.24	5.96 711.20
3.0	clay	20.50 2.84	41.01 18.49	54.95 35.56	61.51 59.74	73.82 103.84	82.02 142.24	82.02 711.20
8.0	clay	24.23 2.84	48.47 18.49	64.94 35.56	72.70 59.74	87.24 103.84	96.93 142.24	96.93 711.20
8.0	sand	15.18 2.84	30.36 18.49	40.68 35.56	45.53 59.74	54.64 103.84	60.71 142.24	60.71 711.20
16.0	sand	37.18 2.84	74.36 18.49	99.65 35.56	111.54 59.74	133.85 103.84	148.73 142.24	148.73 711.20
16.0	clay	27.96 2.84	55.92 18.49	74.93 35.56	83.88 59.74	100.66 103.84	111.84 142.24	111.84 711.20
17.0	clay	271.50 2.84	543.00 18.49	727.62 35.56	814.50 59.74	977.41 103.84	1086.01 142.24	1086.01 711.20
48.0	clay	375.41 2.84	750.82 18.49	1006.10 35.56	1126.23 59.74	1351.47 103.84	1501.64 142.24	1501.64 711.20
48.0	clay	464.79 2.84	929.59 18.49	1245.64 35.56	1394.38 59.74	1673.25 103.84	1859.17 142.24	1859.17 711.20
71.0	clay	589.93 2.84	1179.86 18.49	1581.01 35.56	1769.79 59.74	2123.74 103.84	2359.72 142.24	2359.72 711.20
71.0	clay	545.48 2.84	1090.97 18.49	1461.90 35.56	1636.45 59.74	1963.74 103.84	2181.94 142.24	2181.94 711.20
86.0	clay	630.43 2.84	1260.87 18.49	1689.56 35.56	1891.30 59.74	2269.56 103.84	2521.73 142.24	2521.73 711.20
86.0	sand	1152.05 2.84	2304.10 18.49	3087.49 35.56	3456.15 59.74	4147.38 103.84	4608.20 142.24	4608.20 711.20
89.0	sand	1152.05 2.84	2304.10 18.49	3087.49 35.56	3456.15 59.74	4147.38 103.84	4608.20 142.24	4608.20 711.20
89.0	clay	697.19 2.84	1394.38 18.49	1868.47 35.56	2091.57 59.74	2509.88 103.84	2788.76 142.24	2788.76 711.20
119.0	clay	875.96 2.84	1751.91 18.49	2347.56 35.56	2627.87 59.74	3153.44 103.84	3503.82 142.24	3503.82 711.20
119.0	clay	875.96 2.84	1751.91 18.49	2347.56 35.56	2627.87 59.74	3153.44 103.84	3503.82 142.24	3503.82 711.20
140.0	clay	911.71 2.84	1823.42 18.49	2443.38 35.56	2735.13 59.74	3282.15 103.84	3646.83 142.24	3646.83 711.20

Q-Z DATA

1422mm (56-inch) DIAMETER CAISSON 38mm (1.50-inch) WALL THICKNESS BH & CPTU PHE-12 PHE-12 OFFSHORE WEST MADURA	Date Performed	14/11/2013
	Made by	SAK
	Checked by	CHG
	PAGEO	asiangeos



Final Report

Metocean Data Integration Study for WMO Field

Prepared : Andojo Wurjanto, Ph.D. (Technical Metocean Expert)
Jouonta Erry Jaya Siahaan, ST. MT.

Volume 1: Report

Volume 2: Appendices

November, 1st 2013

6.2.2.11 Directional waves heights and periods at Cluster K (Depth = 56.10 - 59.39 m from MSL)

Return Period	Wave Height (m) and Associated Periods (second) For All Direction (to which)																
	Omni	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-Year																	
Hs	1.92	0.30	0.23	0.24	0.46	1.03	1.92	0.77	0.38	0.40	0.35	0.40	0.72	1.53	1.21	0.50	0.34
Tp	6.47	2.99	2.86	3.03	3.30	4.84	6.47	4.97	3.34	3.31	3.34	3.26	4.12	5.82	5.05	3.37	3.10
Tz	5.03	2.33	2.22	2.36	2.57	3.76	5.03	3.86	2.60	2.57	2.60	2.54	3.20	4.53	3.93	2.62	2.41
Hmax	3.84	0.60	0.46	0.48	0.92	2.06	3.84	1.54	0.76	0.80	0.70	0.80	1.44	3.06	2.42	1.00	0.68
Tmax	5.82	2.69	2.57	2.73	2.97	4.36	5.82	4.47	3.01	2.98	3.01	2.93	3.71	5.24	4.55	3.03	2.79
10-Years																	
Hs	3.54	0.84	1.03	1.13	1.21	2.19	3.54	2.63	0.90	0.98	0.96	0.98	1.83	2.42	1.70	1.05	0.85
Tp	8.64	3.98	4.23	4.41	4.94	6.94	8.64	8.04	4.89	4.42	4.50	4.59	6.29	7.04	6.05	4.39	3.94
Tz	6.72	3.10	3.29	3.43	3.84	5.40	6.72	6.25	3.80	3.44	3.50	3.57	4.89	5.47	4.70	3.41	3.06
Hmax	7.08	1.68	2.06	2.26	2.42	4.38	7.08	5.26	1.80	1.96	1.92	1.96	3.66	4.84	3.40	2.10	1.70
Tmax	7.78	3.58	3.81	3.97	4.45	6.25	7.78	7.24	4.40	3.98	4.05	4.13	5.66	6.34	5.45	3.95	3.55
50-Years																	
Hs	4.33	1.10	1.42	1.56	1.57	2.75	4.33	3.54	1.15	1.27	1.26	1.26	2.38	2.85	1.94	1.32	1.10
Tp	9.71	4.46	4.90	5.08	5.74	7.97	9.71	9.54	5.65	4.97	5.07	5.24	7.36	7.63	6.54	4.89	4.35
Tz	7.55	3.47	3.81	3.95	4.46	6.20	7.55	7.42	4.39	3.86	3.94	4.07	5.72	5.93	5.09	3.80	3.38
Hmax	8.66	2.20	2.84	3.12	3.14	5.50	8.66	7.08	2.30	2.54	2.52	2.52	4.76	5.70	3.88	2.64	2.20
Tmax	8.74	4.01	4.41	4.57	5.17	7.17	8.74	8.59	5.09	4.47	4.56	4.72	6.62	6.87	5.89	4.40	3.92
100-Years																	
Hs	4.67	1.21	1.58	1.74	1.73	2.99	4.67	3.92	1.26	1.39	1.39	1.38	2.61	3.04	2.04	1.43	1.20
Tp	10.18	4.67	5.18	5.36	6.08	8.40	10.18	10.18	5.97	5.20	5.31	5.51	7.82	7.88	6.74	5.10	4.52
Tz	7.92	3.63	4.03	4.17	4.73	6.53	7.92	7.92	4.64	4.04	4.13	4.28	6.08	6.13	5.24	3.97	3.52
Hmax	9.34	2.42	3.16	3.48	3.46	5.98	9.34	7.84	2.52	2.78	2.78	2.76	5.22	6.08	4.08	2.86	2.40
Tmax	9.16	4.20	4.66	4.82	5.47	7.56	9.14	9.16	5.37	4.68	4.78	4.96	7.04	7.09	6.07	4.59	4.07

Return Period	Wave Length and Steepness						JONSWAP Parameters				Crest Height H' (m)
	Depth (m)	h/L	Region	L (m)	L max (m)	Steepness	ω_p	$T_p/\sqrt{H_s}$	α	γ	
1 Year	59.39	1.122	Deep Water	52.94	65.36	0.059	0.97	4.67	0.009485	1.46	1.01
10 Year	59.39	0.630	Deep Water	94.34	116.18	0.061	0.73	4.59	0.009849	1.60	1.87
50 Year	59.39	0.500	Intermediate Water	118.80	145.53	0.060	0.65	4.67	0.009499	1.47	3.01
100 Year	59.39	0.456	Intermediate Water	130.23	158.99	0.059	0.62	4.71	0.009296	1.39	3.05

LAMPIRAN F

**Prosedur Pengerjaan Analisis Fatigue
di SACS**

ANALISIS STATIS DENGAN *PILE SOIL INTERACTION*

Interaksi antara pondasi dengan *soil properties* harus diperhitungkan untuk mempertimbangkan gaya lateral dari respon seismik terhadap pondasi suatu struktur. Hasil dalam analisis ini adalah beban *base shear* atau beban geser dasar. *Base shear* adalah estimasi dari gaya lateral maksimum yang mungkin akan terjadi pada pondasi suatu struktur berdasarkan gerakan seismik. Perhitungan *base shear* berdasarkan kondisi tanah dan potensi perkiraan pergerakan dari aktivitas seismik.

Pemilihan 4 arah gelombang *centre of damage* pada 0°, 90°, 180°, 270° berdasarkan inputan SACS yang dianggap memenuhi permodelan beban gelombang kondisi operasi terhadap *Pile Soil Interaction*. Berikut adalah *step-step* yang perlu diperhatikan dalam analisis ini :

1. Pisahkan antara model file dengan *environmental loading file*. Dengan demikian saat ini ada 3 files: *model file*, *environmental loading file* dan *pile and soil input file*. Di SACS files tersebut adalah: *sacsinp.dat*, *seainp.dat* dan *psiinp.dat*.
2. Buat *weight combination* MASS di model file. *Weight combination* tersebut terdiri dari *miscellaneous loads*, *equipments*, *area loads* dan *live loads*. Set semua *weight factor* = 1.0
3. Di *environmental loading file*:
 - Berikan contingency factor sesuai *load cases* dan *load combination* yang ada.
 - Hapus *allowable modifiers yield stress*, atur semua *yield stress factors* menjadi 1.0.
 - Tambahkan *hydrodynamic coefficient* (*Cd* dan *Cm values*) sesuai *fatigue condition*. *Cm*=2.0 untuk *clean* dan *fouled members*; *Cd* = 0.7 untuk *clean members* dan *fouled members*.
 - Tambahkan 2 *wave load conditions* untuk arah X dan Y dengan periode dan tinggi gelombang tertentu.
 - Tambahkan 2 *load combinations*: *wave load arah X + DEAD load* dan *wave load arah Y + DEAD*.

Step ini diperlukan untuk melakukan linearisasi data tanah yang ada dalam rangka mempermudah *software* untuk melakukan analisis lebih lanjut. File *superelement*, *dnysef.dat* diperoleh setelah melakukan *step* ini.

4.1 ANALISIS DINAMIS (*EXTRACT MODE SHAPES*)

Analisa dinamis dilakukan untuk mendapatkan *Mode Shape File* (dynmod.) dan *Mass File* (dynmas.) yang nantinya akan digunakan untuk melakukan *Wave Response Analysis*. Dalam analisa ini, input yang dibutuhkan adalah *environment input* (seainp.), *model input* (sacinp.), dan *dynpac input* (dyninp.dyn). Tahapan analisa dinamis antara lain :

1. Gunakan seainput yang telah digunakan pada tahap sebelumnya
2. Lakukan modifikasi pada file tersebut:
 1. Hilangkan *load combination selection* (LCSEL).
 2. Hapus *allowable modifiers yield stress* (AMOD), atur semua *yield stress factors* menjadi 1.0.
 3. Berikan contingency factor sesuai *load cases* dan *load combination* yang ada.
 4. Tambahkan *hydrodynamic coefficient* (Cd dan Cm values) sesuai *fatigue condition*. Cm=2.0 untuk *clean* dan *fouled members*; Cd = 0.7 untuk *clean members* dan *fouled members*.
 5. Beri perintah untuk menghasilkan dynmas.dyn. Perintah tersebut harus mengikutsertakan *weight combination* MASS yang telah ditentukan pada langkah 3.
3. Save as seainp.dat menjadi seainp.dyn

Lalu, mempersiapkan input file dyninp.dyn dengan cara sebagai berikut :

1. Buat input file baru.
2. Input baris perintah DYNOPT, dengan melakukan pengaturan sebagai berikut :
 1. Jumlah modes: 40. Ini merupakan banyaknya *dynamic modes* yang akan dicek
 2. Di *mass calculation option*, pilih CONS. Maksudnya, pendekatan konsisten mengasumsikan bahwa mass didistribusikan sepanjang *element*.
 3. Masukkan *added mass coefficient*: 1.0.
 4. Tinggalkan *options* lain sesuai *default* .
3. Input baris perintah DYNOP2 dengan melakukan pengaturan sebagai berikut :
 - Masukkan 1.1 untuk dynpac calculated structural mass;

- Masukkan 1.0 untuk SACS load mass

Model *sacinp.dat* perlu dilakukan modifikasi. Untuk setiap *plans*, ubah *joint fixity* menjadi "222" untuk setiap *joints* terluar, atau *joints* yang memikul beban elemen. Maksud *joint fixity* "222" adalah bahwa *joints* tersebut di-*restrained* secara dinamis, namun *statically joints* tersebut tidak di-*restrained* alias *free to move*.

Setelah semua sub steps dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan run analysis. Untuk melakukan final sub step tersebut perlu dilakukan beberapa konfigurasi sbb:

1. Ubah File ID menjadi "dyn"
2. Set tipe analisis: Dynamic, dengan *subtype* analisisnya adalah *Extract Mode Shapes*.
3. Beberapa *input files* yang telah disiapkan: *seainp.dyn*, *dynsef.dat* (dari hasil step 3), *dyninp.dyn* dan model file *sacinp.dat* yang telah melalui modifikasi sebelumnya.
4. Proses ini akan menghasilkan *files* sebagai berikut :
 - Dynpac Modal Solution File: *dynmod.dyn*
 - Dynpac Mass File: *dynmas.dyn*
 - Postvue Database Directory: *psvdb.dyn*
 - Output Structural Data File: *seaoci.dyn*
 - SACS Run File: *dyndyn.runx*
 - Output Listing File: *dynlst.dyn*

Kemudian di *output listing* pula, periode natural struktur dapat diketahui. Periode natural struktur berguna untuk menentukan metode pengerjaan menggunakan metode deterministik atau metode spektral. Menurut API RP 2A, penggunaan metode spektral lebih baik digunakan saat periode natural struktur di atas 3 detik.

4.2 TRANSFER FUNCTION DAN WAVE RESPONSE

Transfer function dan *wave response* adalah analisis yang ditujukan untuk mengetahui respon struktur terhadap gelombang yang mengenainya. Respon tersebut ditunjukkan dengan nilai respon *base shear* dan *overturning moment* struktur yang tercantum pada *Wave Response List* (*wvrlst.*) sebagai hasil output analisis. Dalam analisis ini, input yang dibutuhkan antara lain *environment input* (*seainp.*), *model input* (*sacinp.*), *wave response input* (*wvrinp.*), *dynpac mode shape input* (*dynmod.*), *dynpac mass input* (*dynmas.*). Tahapan analisisnya adalah sebagai berikut :

1. Gunakan *environmental loading file* seainp.dyn yang sebelumnya digunakan dalam tahap 4 saat akan *men-generate mode shapes*;
2. *Rename* seainp.dyn menjadi seainp.plt lalu lakukan modifikasi sbb:
 - Hilangkan *command* DYNMAS dan CENTER.
 - Ubah aturan "B" pada *FILE command* menjadi "S"
 - Tambahkan *command* LOADCN (untuk menambahkan *load case* baru), beri nama *load case* 1.
 - Tambahkan *command* untuk *generate transfer function* (GNTRF) dengan pengaturan sebagai berikut:
 - Tipe transfer function, misal pilih "AL", maksudnya loading akan di-generate pada tiap wave crest position.
 - Jumlah waves, misal 90.
 - Wave Steepness, misal isi 0.05. Angka 0.05 adalah $1/20$, maksudnya dari satu putaran penuh gelombang akan dicek tiap 20 degree.
 - Beginning period; misal isi 10 second.
 - Period step size: misal isi 0.1 second, maksudnya wave period akan dicek diawali dari period 10 second, kemudian 10.1, 10.2, dan seterusnya.
 - Number of crest position. Ini ada hubungannya dengan wave steepness. Sebelumnya telah di-specify bahwa wave akan dicek tiap 20 degree, dengan 360 degree adalah satu putaran penuh maka $360/20 = 18$ *crest positions*.
 - Wave direction: misal 0 degree.
 - Plot option, misal Both, maksudnya transfer function graphic akan di-plot terhadap frequency dan period.
 - Tinggalkan option lain sesuai default.
 - Baris pertama *command* GNTRF adalah untuk 0 degree wave direction, langkah selanjutnya duplikasi *command* GNTRF tersebut dua kali kemudian ganti baris kedua untuk 45 deg wave direction dan baris ketiga *command* GNTRF untuk 90 deg wave direction.
3. Siapkan input file baru, yaitu wave response input file:
 - Melalui DATAGEN, pilih dynamic kemudian wave response;

- Tambahkan command WROPT dengan pengaturan sebagai berikut:
 - Load case selection pilih "ALL", maksudnya adalah kriteria output load case selection untuk all points.
 - Thick pada "*Generate Plot*".
 - Number of Modes: misal isi 20.
 - Maximum allowable iteration; misal isi -1, dengan demikian tidak mengijinkan program untuk melakukan iterasi.
 - Equivalent Static Option: pilih NONE.
 - Tinggalkan options lain sesuai default.
 - Click Next.
 - Pilih "No" untuk pertanyaan Plot Analysis Variable.
 - Pilih "Yes" untuk pertanyaan Transfer Function Plot, selanjutnya specify mana saja yang akan di-plot, misal overturning moment, base shear.
 - Thick "Both" untuk pertanyaan Independent Variables;
 - *Click Next*.
 - *Click Skip* untuk pertanyaan *transfer function load case selection*.
 - Pilih "Yes" untuk pertanyaan modal damping selection, masukkan nilai damping ratio 2.0 (dalam persen)
 - Pilih "No" untuk pertanyaan select specific moders to be included.
 - *Save as file* dengan nama wvrinp.plt.

4. Kembali ke *file* seainp.plt yang telah didefinisikan sebelumnya, untuk membuat seainp.plt berdasarkan masing-masing arah dari 16 arah gelombang kelelahan. Berikut langkah-langkah proses pengerjaannya :

- Buat *transfer function load*, diawali dengan 14 deg *wave direction*.
- *Save as* seainp.plt menjadi seainp.14. Angka "14" mengindikasikan 14 deg wave direction.
- Masukkan nilai *marine growth* dan *hydrodynamic coefficient* sesuai seainput sebelumnya.
- Ubah pada *beginning period*, masukkan nilai periode bisa dimasukkan semua satu-satu atau masukkan nilai *beginning period* sesuai *period*

stepsize. Sesuai data, *period stepsize* dibagi menjadi 1,5, 0,2, 0,02, ,0,1, 0,02, dan 0,1 detik.

- Masukkan nilai *wave steepness* 0.059 dan *number of crest position* sebesar 18.
- Pilih teori gelombang *airy*.
- Masukkan nilai *maximum wave height* : 15,32 ft.
- Setelah selesai, save as seainp.14 menjadi seainp.365. Ubah hanya di *wave direction*, ubah dari 14 deg menjadi 36,5 deg, pengaturan yang lain sama; dan seterusnya sampai arah gelombang *fatigue* terakhir.

5. Selanjutnya adalah melakukan *Multi Run Analysis* untuk *generate transfer function* untuk setiap wave direction:

- Ubah file ID menjadi "014".
- Tipe analisis: *dynamic*, lalu *Deterministic Wave/Transfer Function Generation*.
- *Input files* yang digunakan: seainp.000, dynsef.dat, dynmod.dyn, dynmas.dyn.
- Proses ini akan menghasilkan:
 - Equivalent Static Load file: wvroci.000
 - Transfer function plot file: wvrncf.000
 - Transfer function load solution file: saccsf.000
 - Run file: wvr000.runx
- Click *Multi Run Icon* untuk *Run Analysis*.

4.3 ANALISIS UMUR KELELAHAN

Analisis umur kelelahan atau *fatigue* dilakukan untuk menghitung umur kelelahan struktur. Dalam analisis ini, akan didapatkan *fatigue life* untuk tiap-tiap *joint* dan nilai *fatigue life* terkecil dibandingkan dengan *service time*. Nilai *Stress Concentration Factor* dan *fatigue wave occurrences* dimasukkan sesuai data dari Fatigue Report PHE-12 Platform pada lampiran. Ketika nominal spektrum *hot spot stress* mencapai maksimal pada setiap lokasi *hot spot* dari sambungan tubular diperoleh, *cumulative fatigue damage* pada lokasi *joint* berdasarkan perhitungan Palmgren-Miner dan API WJT S-N Curve untuk *no weld improvement*, API WJ2 untuk *burr grinding*, dan API WJ3 untuk *hammer peening*.

Berdasarkan Aturan Palmgren-Miner, struktur yang menerima berbagai macam *stress range* akan menerima kegagalan kelelahan ketika jumlah nilai kerusakan dari

setiap *stress range* sama dengan total keseluruhan. Langkah-langkah pengerjaan analisis ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan *input file* baru dengan DATAGEN.
2. Pilih *Post* kemudian *fatigue*.
3. Pilih "No" pada pertanyaan *title*.
4. Pilih *Spectral Wave Fatigue*, click next.
5. Click *Skip* pada pertanyaan *fatigue option* dan "No" untuk pertanyaan-pertanyaan selanjutnya sampai dengan pertanyaan "Is the transfer function data to be taken from SEASTATE", pilih "Yes" untuk pertanyaan ini.
6. Number *additional postfiles* (SCF): *leave it blank*.
7. Tentukan *design life* dari struktur, di analisis fatigue ini adalah 40 tahun dan 100 tahun.
8. Tentukan fatigue time period: 1 year.
9. Tentukan S-N Curve yang digunakan: API WJT S-N Curve untuk *no weld improvement*, API WJ2 untuk *burr grinding*, dan API WJ3 untuk *hammer peening*.
10. Tentukan SCF option: misal EFT (*Efthymiou formulas*).
11. Centang pada "Use load case dependent SCF's".
12. Centang pada "Prescribe MAX SCF" dan "Prescribe MIN SCF" untuk memberikan opsi bahwa SCF *max* dan *min* akan diberikan kemudian;.
13. Centang pada "Skip all Plates" dan "Skip Non-Tubular Elements".
14. Klik Next.
15. Centang pada "Member Summary Report (Joint Order)" untuk memberikan *fatigue report* berdasarkan urutan joints.
16. Centang pada "Member Summary Report (Life Order)" untuk memberikan *fatigue report* berdasarkan urutan fatigue life-nya.
17. Thick pada "SCF Validaty Range Check".
18. Pilih "DN2" di bagian Inline Tubular SCF, hal ini merujuk kepada DNV RP C203 2005 formula.
19. Thick pada "tubular inline check", maksudnya fatigue analysis juga akan dilakukan pada perubahan sections sepanjang tubular members;
20. Specify mudline elevation dan water depth.
21. Click Next.
22. Pilih "No" saat pertanyaan input weld classification factor.

23. Pilih "Yes" saat pertanyaan Joint SCF Override Selections. Maksudnya, SCF akan ditentukan berbeda untuk joints yang disebut dalam option ini.
24. Click Next.
25. Pilih "Yes" untuk pertanyaan Override Fatigue Parameters for individual joints. Untuk joints yang disebut dalam option ini bisa diganti safety factor-nya.
26. Pilih "No" untuk pertanyaan selanjutnya, yaitu Override Fatigue Parameters to Plate Group, Override Fatigue Parameters to Individual Plates, Override SCF's for Member Groups.
27. Saat pertanyaan Remove Groups from the Analysis bisa diisi member group mana saja yang akan dikeluarkan dalam fatigue analysis, misal wish bone dan dummy members
28. Klik Next.
29. Pilih "No" untuk pertanyaan Override the SCF method for each joint type, Override the SCF for each individual member.
30. Pilih "Yes" untuk pertanyaan Override SCFs for specific brace-chord connections, selanjutnya specify begin, end dan connection joints mana yang akan di-override, selanjutnya masukkan S-N data yang akan digunakan untuk particular connection tersebut;
31. Pilih "No" untuk pertanyaan Override SCFs for specific Wide Flange Members.
32. Pilih "Yes" untuk pertanyaan Place upper or lower bounds on the SCFs. Pertanyaan ini berhubungan dengan option yang telah dipilih sebelumnya, yaitu prescribe max and min SCF. Masukkan misal nilai min dan max SCF: 1.056.
33. Isi 1 untuk pertanyaan *Fatigue Environmental Number*.
34. *Fraction of design life*: isi sesuai persentase persebaran per arah gelombang *fatigue*.
35. *Dynamic amplification factor*: 1.0;.
36. Tinggalkan options lain sesuai default.
37. Click next.
38. Pilih "Yes" untuk pertanyaan *Develop Wave Spectra from Scatter Diagram*.

39. Pilih "D" untuk pertanyaan *period type*, yang maksudnya adalah *dominant*.
40. Masukkan nilai 1.0 untuk *wave height factor* dan *period factor*.
41. Masukkan nilai 0.01 untuk *fraction life factor*.
42. Pilih "No" untuk pertanyaan *Scatter Diagram Normalized*.
43. *Wave Spectrum Type*: misal PM untuk tipe spektrum Pierson-Moskowitz, click next.
44. Pilih "No" untuk pertanyaan *Specify wave height occurrence factor*;
45. Masukkan *significant wave height*.
46. Masukkan nilai *period* dan *frequency of occurrence*, click *More*
47. Masukkan nilai periode selanjutnya sampai dengan period 14.5 second
48. Langkah di atas adalah untuk *fatigue case 1*
49. Selanjutnya lakukan semua langkah di atas lagi untuk selanjutnya diganti dengan *fatigue case 2* (36,5 deg) dan seterusnya hingga arah 351 derajat.
50. Hapus semua *command* dalam ftginp.dyn di bawah *line RELIEF*;
51. *Copy* seluruh *lines* yang diawali dengan *command SEA* dalam *input file* yang sedang di-create ini ke ftginp.dyn.
52. Save as ftginp.dyn menjadi ftginp.ftg, *replace existing file*.
53. Buka kembali *file* ftginp.ftg.
54. Ubah *additional postfile* menjadi "2", sebelumnya *blank*;
55. Tambahkan *command* EXTRAC HEAD setelah *line* SCPER, pilih "*Automatic Extraction*" dan masukkan *damage level* 0.2.
56. *Save file* tersebut.
57. Ini adalah langkah terakhir, *Run Analysis*:
 - Ubah File ID menjadi "ftg".
 - Tipe analisis: Post Processing, sub tipe analisis: Spectral Fatigue.
 - Input files yang digunakan: ftginp.ftg, saccsf.14, seainp.14, hingga arah 351 derajat (semua file *transfer function* dan *wave response* dari 16 arah gelombang kelelahan).
 - Files yang dihasilkan: ftgext.ftg (*Interactive Fatigue*), ftglst.ftg (*analysis listing file*), dan ftgftg.runx (*run file*)



Rahmat Fitriansyah Ramadhan dilahirkan di Surabaya pada tanggal 24 Maret 1993. Penulis merupakan anak bungsu dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Trisno Dadiek Woerianto dan Ibu Dwi Silvi Farida. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Perak Barat I, dilanjutkan di SMPN 1 Surabaya, SMAN 2 Surabaya, dan berkuliah di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam dunia kampus, penulis aktif diberbagai kegiatan dan dan organisasi. Beberapa

pelatihan manajerial maupun ilmu kelautan pernah diikuti penulis, diantaranya adalah ESQ, LKKM Pra-TD dan beberapa pelatihan *software* yang digunakan dalam perkuliahan. Pada organisasi HIMATEKLA penulis menjadi Kepala Divisi Kesenian dibawah Departemen Minat Bakat Teknik Kelautan ITS. Dalam perkuliahan, kerja praktek dilakukan penulis di PT. Gunanusa Utama Fabricators dan mempunyai pengalaman dalam mengerjakan *weighing control report* dan perencanaan *loadout* untuk proyek dari PT. Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore. Semoga Tugas Akhir ini mampu menambah wawasan pembaca dan bisa menjadi inspirasi bagi yang akan mengerjakan Tugas Akhir.

Kontak dengan penulis dapat menghubungi:

HP : 0823-3780-5110

Email : vitoramadhan93@gmail.com